

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Система учета и автоматизированного управления теплоснабжением офисного здания

УДК 681.51658.532:697.34

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8TM81	Матковский Даниил Валентинович		03.06.2020 г.

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В.В.	К.Т.Н.		03.06.2020 г.

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В.Ю.	К.Э.Н.		03.06.2020 г.

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко М.В.	К.Т.Н.		03.06.2020 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ефимов С.В.	К.Т.Н.		03.06.2020 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код рез- та	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные</i>		
P1	применять глубокие естественно-научные, математические знания в области анализа, синтеза и проектирования для решения научных и инженерных задач производства и эксплуатации автоматизированных систем, включая подсистемы управления и их программное обеспечение.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-3, ОПК-1, ОПК-4, ОК-1, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	воспринимать, обрабатывать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию, передовой отечественный и зарубежный опыт в области теории, проектирования, производства и эксплуатации автоматизированных систем, принимать участие в командах по разработке и эксплуатации таких устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-3, ПК-4, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОК-1, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	применять и интегрировать полученные знания для решения инженерных задач при разработке, производстве и эксплуатации современных автоматизированных систем и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием технологий машинного обучения, современных инструментальных и программных средств.	Требования ФГОС (ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-15, ПК-18, ОПК-3, ОПК-6, ОК-1, ОК-5, ОК-6, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	определять, систематизировать и получать необходимую информацию в области проектирования, производства, исследований и эксплуатации автоматизированных систем, устройств и подсистем.	Требования ФГОС (ПК-7, ПК-10, ПК-11, ПК-12, ПК-18, ОПК-4, ОПК-6, ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8), Критерий 5 АИОР (п.1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	планировать и проводить аналитические, имитационные и экспериментальные исследования для целей проектирования,	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6, ПК-13, ПК-17, ПК-18, ОПК-2, ОПК-3, ОК-1, ОК-3,

	производства и эксплуатации систем управления технологическим процессом и подсистем (в том числе интеллектуальных) с использованием передового отечественного и зарубежного опыта, уметь критически оценивать полученные теоретические и экспериментальные данные и делать выводы.	ОК-4, ОК-6, ОК-7, ОК-8, ОК-9), Критерий 5АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P6	понимать используемые современные методы, алгоритмы, модели и технические решения в автоматизированных системах и знать области их применения, в том числе в составе безлюдного производства.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-3, ПК-7, ОПК-1, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-9, ОК-10), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
<i>Универсальные</i>		
P7	эффективно работать в профессиональной деятельности индивидуально и в качестве члена команды.	Требования ФГОС (ПК-1, ПК-2 ПК-7, ПК-8, ПК-16, ПК-17, ОК-1, ОК-2, ОК-4, ОК-6, ОК-9), Критерий 5АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P8	владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде с пониманием культурных, языковых и социально-экономических различий	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ПК-9, ПК-16, ОПК-4, ОК-5), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P9	проявлять широкую эрудицию, в том числе знание и понимание современных общественных и политических проблем, демонстрировать понимание вопросов безопасности и охраны здоровья сотрудников, юридических аспектов, ответственности за инженерную деятельность, влияния инженерных решений на социальный контекст и окружающую среду	Требования ФГОС (ПК-5, ПК-8, ПК-15, ПК-16, ПК-18, ОПК-1, ОПК-4, ОПК-5, ОК-3, ОК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-8, ОК-9), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3.), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI
P10	следовать кодексу профессиональной этики и ответственности и международным нормам инженерной деятельности	Требования ФГОС (ПК-8, ПК-11, ПК-16, ОПК-3, ОПК-6, ОК-4), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI

P11	понимать необходимость и уметь самостоятельно учиться и повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности.	Требования ФГОС (ПК-4, ПК-8, ОПК-3, ОПК-4, ОК-5, ОК-6, ОК-7, ОК-8), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов EUR-ACE и FEANI.
-----	--	---

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

УТВЕРЖДАЮ:
 Руководитель ООП
 Ефимов С.В.

 (Подпись) (Дата)

ЗАДАНИЕ **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Магистерской диссертации

Студенту:

Группа	ФИО
8ТМ81	Матковский Даниил Валентинович

Тема работы:

Система учета и автоматизированного управления теплопотреблением офисного здания	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	13.05.2020 г. № 134-22/с

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020 г.
--	---------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Объектом проектирования является индивидуальный тепловой пункт, находящийся по адресу ул. Предвокзальная 49/3 г. Томск. При разработке системы управления предусмотреть использование современных технических средств автоматизации для реализации функций автоматизированного контроля параметров и удаленного управления системой.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	1. Описание объекта автоматизации. 2. Результаты внедрения системы диспетчеризации и управления теплоснабжением здания. 3. Описание автоматизированной системы мониторинга и управления теплоснабжением здания. 4. Выбор технических средств СУ теплоснабжения. Составление заказной спецификации. 5. Расчет потерь давления в трубопроводах. 6. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение. 7. Социальная ответственность.
Перечень графического материала	1. Схема структурная. 2. Схема функциональная. 3. Схема принципиальная электрическая. 4. Схема монтажная. 5. Общий вид щита управления.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Горбенко Михаил Владимирович

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	24.02.2020 г.
---	---------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В.В.	к.т.н.		24.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ81	Матковский Даниил Валентинович		24.02.2020 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
8TM81	Матковский Даниил Валентинович

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Использовать действующие ценники и договорные цены на потребленные материальные и информационные ресурсы, а также указанную в МУ величину тарифа на эл. энергию
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	—
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Действующие ставки единого социального налога и НДС, ставка дисконтирования = 0,1 (см. МУ)

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	Дать характеристику существующих и потенциальных потребителей (покупателей) результатов ВКР, ожидаемых масштабов их использования
2. Разработка устава научно-технического проекта	Разработать проект такого устава в случае, если для реализации результатов ВКР необходимо создание отдельной организации или отдельного структурного подразделения внутри существующей организации
3. Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	Построение плана-графика выполнения ВКР, составление соответствующей сметы затрат, расчет цены результата ВКР.
4. Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	Оценка экономической эффективности использования результатов ВКР, характеристика других видов эффекта

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

1. «Портрет» потребителя результатов НТИ
2. Сегментирование рынка
3. Оценка конкурентоспособности технических решений
4. Диаграмма FAST
5. Матрица SWOT
6. График проведения и бюджет НТИ - <u>выполнить</u>
7. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ - <u>выполнить</u>
8. Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.02.2020 г.
--	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Конотопский В.Ю.	К.Э.Н.		24.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8TM81	Матковский Даниил Валентинович		24.02.2020 г.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8TM81	Матковский Даниил Валентинович

Школа	ИШИТР	Отделение школы (НОЦ)	ОАР
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Автоматизация технологических процессов и производств

Тема ВКР:

Система учета и автоматизированного управления теплопотреблением офисного здания	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения.	ВКР направлена на разработку системы диспетчеризации и дистанционного управления тепловым пунктом объекта, получающего тепловую энергию от центральной тепловой сети.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: - специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; - организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	1.1 Организационные мероприятия по обеспечению безопасности трудящихся за персональным компьютером.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	2.1 Рассмотрены вредные факторы: – отклонение показателей микроклимата; – недостаточная освещенность рабочей зоны; – повышенный уровень шума; – электромагнитные излучения; – ионизирующее излучение. 2.2 Рассмотрены опасные факторы: – электрический ток; – пожаробезопасность.
3. Экологическая безопасность:	3.1 Рассмотрены негативно влияющие на экологию факторы при эксплуатации компьютера. 3.2 Решения по обеспечению экологической безопасности согласно нормативным документам.

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Возможные ЧС на объекте: возгорание, взрыв, короткое замыкание. Наиболее распространённым типом ЧС является пожар.
--	--

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	24.02.2020 г.
---	---------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД ШБИП	Горбенко М.В.	к.т.н.		24.02.2020 г.

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ81	Матковский Даниил Валентинович		24.02.2020 г.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
 федеральное государственное автономное
 образовательное учреждение высшего образования
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники
 Направление подготовки – 15.04.04 Автоматизация технологических процессов и производств
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники
 Уровень образования – Магистратура
 Период выполнения – Весенний семестр 2020 учебного года

Форма представления работы:

Магистерская диссертация

КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ–ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	03.06.2020 г.
--	---------------

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
01.06.2020 г.	Основная часть	60
03.06.2020 г.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	20
03.06.2020 г.	Социальная ответственность	20

Составил преподаватель:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов В.В.	к.т.н.		03.06.2020 г.

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ООП	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Ефимов С.В.	к.т.н.		03.06.2020 г.

Реферат

Выпускная квалификационная работа 127 страниц, 7 рисунков, 21 таблица, 32 использованных источника, 2 приложений.

Ключевые слова: Система управления теплопотреблением, тепловой узел, система отопления, автоматизированная система управления.

Объектом исследования является система управления теплопотреблением административного здания, присоединения к тепловой сети ГРЭС – 2 г. Томска.

Цель работы: произвести расчет имеющегося теплового узла и внедрить в него автоматическую систему регулирования теплопотребления в зависимости от температуры наружного воздуха.

В процессе разработки автоматической системы регулирования произведен расчет автоматической системы диспетчеризации и управления теплопотреблением здания, описана система мониторинга и управления, программное обеспечение, произведен выбор оборудования и разработаны структурная, функциональная, принципиальная электрическая, монтажная схемы АСР и чертеж размещения технических средств.

В результате работы произведен полный анализ и расчет экономической эффективности внедрения системы автоматизации в индивидуальный тепловой пункт административного здания, находящегося по адресу г. Томск ул. Предвокзальная 49/3.

Обозначений и сокращений

В данной работе применены следующие термины с соответствующими определениями:

ТП – тепловой пункт;

ТЭЦ – теплоэлектроцентраль;

РТС – распределительные тепловые сети;

ЦТП – центральный тепловой пункт;

ИТП – индивидуальный тепловой пункт;

БТП – блочный тепловой пункт;

ГВС – горячее водоснабжение;

ЩУ-ТП – щит управления тепловым пунктом;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ГРЭС-2 – городская электростанция №2;

ТЭ – тепловая энергия;

КИПиА – контрольно-измерительные приборы и автоматизация;

АСУ – автоматизированная система управления;

АРМ – автоматизированное рабочее место оператора;

ЩА-ТП – щит автоматизации тепловым пунктом.

Содержание

Введение	15
1 Описание объекта автоматизации	17
2 Результаты внедрения системы диспетчеризации и управления теплопотреблением здания	28
2.1 Расчёт измеряемых параметров теплоносителя	28
2.2 Расчет теплопотребления административного здания	29
2.3 Результаты внедрения интеллектуальной системы дистанционного контроля и управления теплопотреблением здания	32
3 Описание автоматизированной системы мониторинга и управления теплопотреблением здания	34
3.1 Описание программного обеспечения системы	35
3.1.1 Microsoft Word и Excel	35
3.1.2 Поддержка Internet технологий	36
3.2 Описание работы системы	36
3.3 Учет тепловой энергии	37
3.4 Управление теплопотреблением здания	38
4 Выбор технических средств СУ теплопотребления. Составление заказной спецификации	40
4.1 Выбор теплосчетчика	40
4.1.1 Теплосчетчик ТЭМ-104	41
4.1.2 Теплосчетчик ВКТ	44
4.2 Выбор датчиков температуры	45
4.2.1 Датчики температуры сетевой воды	46
4.2.2 Датчик температуры наружного воздуха	47
4.3 Выбор регулирующего устройства	48
4.4 Выбор исполнительного механизма	52
4.5 Выбор насосов	52

4.6	Выбор блока управления исполнительным механизмом	55
4.7	Выбор датчиков давления	56
4.8	Выбор расходомера	57
4.9	Выбор регулирующего клапана	59
4.9.1	Выбор регулирующего клапана системы отопления	61
4.10	Выбор способа передачи данных	62
5	Расчет потерь давления в трубопроводах	64
6	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	67
6.1	Организация и планирование работ	68
6.1.1	Продолжительность этапов работ	69
6.2	Расчет сметы затрат на выполнение проекта	74
6.2.1	Расчет затрат на материалы	74
6.2.2	Расчет заработной платы	75
6.2.3	Расчет затрат на социальный налог	76
6.2.4	Расчет затрат на электроэнергию	76
6.2.5	Расчет амортизационных расходов	77
6.2.6	Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных документов	78
6.2.7	Расчет прочих расходов	79
6.2.8	Расчет общей себестоимости разработки	79
6.2.9	Смета затрат на оборудование	80
6.2.10	Общие затраты	81
6.2.11	Расчет прибыли	81
6.2.12	Расчет НДС	81
6.2.13	Цена разработки НИР	81
6.3	Оценка экономической эффективности проекта	81
7	Социальная ответственность	83
7.1	Аннотация	83

7.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	85
7.2.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства	88
7.2 Производственная безопасность	88
7.3 Анализ опасных и вредных факторов	90
7.3.1 Микроклимат производственных помещений	90
7.3.2 Повышенный уровень шума	92
7.3.3 Электромагнитные излучения	93
7.3.4 Ионизирующее излучение	94
7.3.5 Освещённость рабочей зоны	95
7.3.6 Расчет освещенности рабочего места	97
7.3.7 Электробезопасность	99
7.3.8 Пожарная безопасность	101
7.4 Механическая безопасность	103
7.5 Экологическая безопасность	104
7.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях	104
Выводы по разделу	106
Заключение	107
Список использованных источников	108
Приложение А (Справочное) Description of an automation object	111
Приложение Б (Справочное) Заказная спецификация технических средств автоматизации	126
Графический материал	На отдельных листах
ФЮРА. 421000.008 С1 Схема структурная	
ФЮРА. 421000.008 С2 Схема функциональная	
ФЮРА. 421000.008 Э3 Схема принципиальная электрическая	
ФЮРА. 421000.008 С3 Схема монтажная	
ФЮРА. 421000.008 ВО Чертеж размещения технических средств	

Введение

В конце 2009 г. вступил в силу Федеральный закон № 261-ФЗ "Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности". Основной целью закона является создание экономического стимула мотивирующие граждан, промышленные и муниципальные предприятия перейти на современные энергосберегающие технологии и внедрить энергоэффективное оборудование.

В России имеется огромный неиспользуемый потенциал энергосбережения, который способен решить проблему экономического роста и возродить производство.

Данный закон позволяет потребителю получить выгоду, ведь потребитель заинтересован в объективной информации и количестве потребляемого энергоресурса. Кроме того, потребителя интересует возможность регулировки потребления теплоносителя, уменьшать или увеличивать его в собственных помещениях, ведь порой осенью нам холодно в квартирах, а весной жарко.

Реализовать обозначенные задачи потребителю позволяет автоматизированная система мониторинга и управления теплопотреблением.

В рамках выпускной квалификационной работы разрабатывается система мониторинга и управления теплопотреблением административного здания г. Томск, ул. Предвокзальная, 49/3.

Автоматизированная система мониторинга и управления теплопотреблением здания позволяет решать следующие задачи:

- 1) поддержание заданных параметров теплоснабжения в автоматическом режиме в зависимости от температуры окружающей среды;
- 2) производить опрос в реальном времени параметров состояния объекта, определять текущие значения внешних и внутренних параметров, а также их оптимальные значения, соответствующие наименьшему теплопотреблению здания;
- 3) удаленное управление исполнительными механизмами;
- 4) учет потребляемой тепловой энергии;

5) предоставления информации о фактическом потреблении энергоресурсов и режимах работы теплового узла.

Помимо экономии и комфортных условий внедрение автоматической системы мониторинга и управления теплопотреблением здания обеспечивает балансировку системы отопления, увеличивает срок эксплуатации оборудования системы теплоснабжения и обеспечивает исполнение требований законодательства по энергосбережению.

1 Описание объекта автоматизации

Тепловой пункт – это комплекс устройств, состоящий из тепловых энергоустановок, расположенных в отдельном сооружении или помещении. ТП присоединен к центральной тепловой сети, основная задача: регулировка и управление режимов теплопотребления, и преобразование параметров теплоносителя.

Тепловой пункт — это сложная установка по преобразованию тепловой энергии от наружных сетей (ТЭЦ, РТС или котельных) во внутреннюю систему отопления, вентиляции и водоснабжения здания.

Тепловые пункты необходимы во всех сферах:

- В административных и жилых зданиях они служат для горячего водоснабжения и вентиляции, а также отопления;
- В промышленных предприятиях они служат для соблюдения и обеспечения необходимых правил технологического процесса.

Выделяют три основных вида тепловых пунктов, они различаются по количеству и типу подключений, по способу размещения (отдельно или непосредственно в здании):

- Центральный тепловой пункт (ЦТП) – это комплекс устройств, используемый для обслуживания промышленных объектов, группы зданий или микрорайона.

- Индивидуальный тепловой пункт (ИТП) – это комплекс устройств, включающий в себя теплообменники, насосы, датчики, установленные в цокольном этаже здания и работающие в автоматизированном режиме. Задачей ИТП является регулировка подачи ресурса в системы горячего водоснабжения и отопления дома, согласно заданной программой и температурным режимом.

- Модульный (или блочный) тепловой пункт (БТП) – созданная на одной раме конструкция, может применяться для ИТП или ЦТП. Модульный тепловой пункт является полностью законченным и спроектированным на заводе тепловым пунктом. Он не требует доработок, и позволяет в максимально сжатые сроки подключить здания к горячему водоснабжению.

Тепловой пункт состоит из нескольких систем снабжения. Его основная задача снабдить потребителя тепловой энергией. Выделяют следующие системы снабжения:

1. Система горячего водоснабжения (ГВС). Основная задача системы доставить горячую воду до потребителя. Выделяют две разновидности системы: открытая и закрытая. Помимо основной задачи потребители используют ГВС для частичного отопления помещений, как пример в ванных комнатах многоквартирных жилых домах.

2. Основной задачей системы отопления является поддержание заданной температуры воздуха в помещении. Различают зависимые и независимые способы подключения системы отопления.

3. Система вентиляции (рециркуляции воздуха) регулирует в помещении воздухообмен, создавая благоприятную среду для дыхания человека. Рециркуляцию воздуха разделяют на естественную и механическую. Так же система может использоваться для отопления зависимых помещений.

4. Холодное водоснабжение не является системой тепловой энергии, но оно всегда присутствует в тепловых пунктах. Ее предназначение – поддержание необходимого давления в системе водоснабжения потребителей.

При выполнении магистерской диссертации была рассмотрена и разработана система учета и автоматизированного управления теплопотреблением офисного здания по адресу г. Томск ул. Предвокзальная, 49/3. Здание построено и введено в эксплуатацию в 2007 году.

Индивидуальный тепловой пункт предназначен для передачи тепловой энергии от тепловой сети (ЦТП, ТЭЦ, котельной) к домашним системам: горячего водоснабжения, вентиляции и отопления. Его располагают обычно в цокольном помещении или в специальном техническом помещении дома.

Основными задачами ИТП являются:

- Преобразование и регулирование параметров теплоносителя;
- Рациональное распределение тепловых параметров;
- Защита и своевременное оповещение об опасности превышения

давления и температуры теплоносителя;

- Учет расхода тепла и самого теплоносителя.

Основными составляющими ИТП являются:

1. Теплообменники. В рассматриваемом тепловом пункте ГВС осуществляется при помощи бойлеров, что позволяет сократить затраты на теплопотребление и сэкономить денежные средства. Система теплоснабжения здания производится непосредственно от тепловой сети и подключена через теплообменник, что позволяет своевременно регулировать давление и температуру теплоносителя внутри здания.

2. Запорная и регулирующая арматура – это комплекс устройств, отвечающих за подачу теплоносителя в систему отопления здания. Запорная арматура используется на подающих и обратных трубопроводах тепловой сети, на входе и выходе из теплового пункта. А также на всасывающих и нагнетательных патрубках циркулирующих насосов, на подводящих и отводящих патрубках водонагревателей. Движение арматуры по регулированию теплового потока может быть осуществлено при помощи гидро или пневмопривода, или электропривода.

3. Циркуляционные насосы – одна из главных составляющих системы отопления здания. Ее предназначение осуществлять принудительное движение жидкости в замкнутом контуре.

4. Контрольно-измерительные приборы. В ИТП в систему теплопотребления устанавливают приборы для измерения давления, температуры, расхода и учета тепла. В рассматриваемом тепловом узле температура и давление теплоносителя измеряется на входе и выходе в тепловой пункт, после теплообменника на подающем и обратном трубопроводе. Расход и учет тепла отслеживаются на входе и выходе теплового пункта.

5. Контроллер - это микропроцессорное устройства, используемое для управления системой автоматизации теплового пункта. Контроллер собирает и обрабатывает данные с датчиков по заложенному в него алгоритму, после чего отправляет сигнал об управляющем воздействии на исполнительные устройства

и механизмы. Так же в случае необходимости отправляет оповещение оператору или иному лицу, которое было указано в процессе формирования алгоритма.

6. Щиты электроуправления.

Щиты учета тепла

Щит учета теплового пункта объединяет в себе тепловычислитель и интернет-коммуникатор. ЩУ-ТП предназначен:

1. Для учета тепловой энергии и теплоносителя в системах отопления;
2. Для учета электроэнергии для систем любой мощности.

В состав автоматизированного щита ТП входит ПЛК (программируемый логический контроллер), который предназначен для автоматического управления работой теплового узла и регулирования процесса теплоснабжения в системе отопления. Его основные задачи:

1. В подающем трубопроводе всегда должна соблюдаться оптимальной температуры теплоносителя;
2. Температура в обратном трубопроводе имеет так же обязательный характер и нормы его соответствия по температурному графику теплоснабжения;
3. Защита насосных групп от «сухого хода», перегрева;
4. Защита оборудования от короткого замыкания;
5. Возможны дополнительные функции и диспетчеризация.

Проект теплового узла был разработан в соответствии со следующими документами: СНиП 2.04.07-86 [1], СНиП 41-101-95 [2], СНиП 2.04.05-91 [3]. Расчет проекта рассчитывался на температуру наружного воздуха -39°C для г. Томска. Здание запитано от наружной тепловой сети. Параметры теплоносителя следующие:

1. В подающем трубопроводе температура 125°C , рабочее давление 0,51 МПа;
2. В обратном трубопроводе температура 50°C , рабочее давление 0,24 МПа;

Системные характеристики:

– отопление подключено по независимому контуру, циркуляция происходит через теплообменник;

– горячее водоснабжение (ГВС): отсутствует;

– система вентиляции: приточно-вытяжная вентиляция.

Система теплоснабжения административного здания двухтрубная. Здание подключено к центральной тепловой сети г. Томска. На входе в тепловой узел здания должен соблюдаться температурный график 150 на 50 со срезкой в подающем трубопроводе на 125°C (рисунок 1) от теплосети ГРЭС-2. В сети теплоносителем является вода, температура в прямом и обратном трубопроводе 95/70°C.

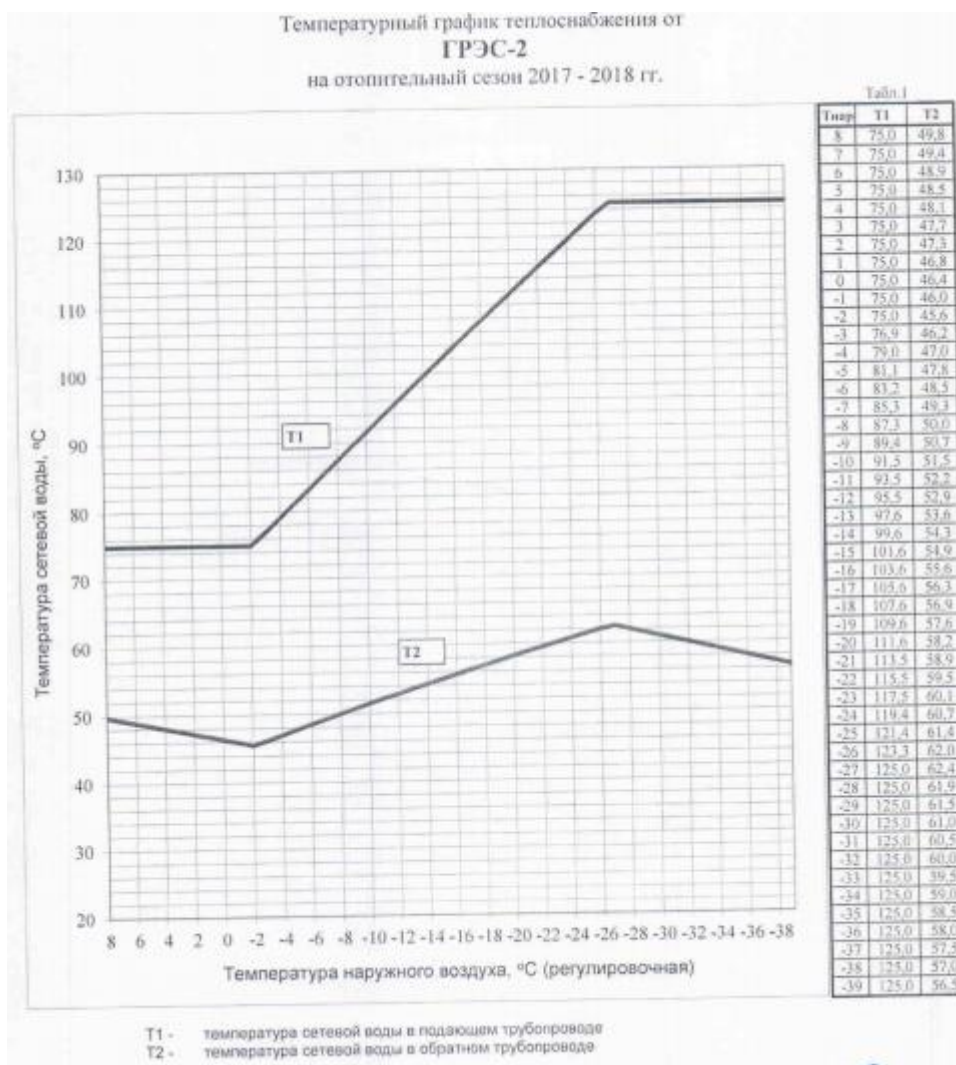


Рисунок 1 – Отопительный температурный график 150/50 °C со срезкой в подающей магистрали 125 °C для системы теплоснабжения здания

Система регулирования температуры теплоснабжения офисного здания представлена на отдельном листе с шифром ФЮРА.421000.008 С2. Процесс отопления здания происходит следующим образом: греющая вода (из тепловой сети) с температурой 125 °С поступает в теплообменник, где происходит теплопередача от внешнего контура (центральной тепловой сети) тепла к внутреннему контуру (контур отопления здания). Во внутреннем контуре здания температура воды нагревается до температуры 90 °С. После циркуляции по тепловому контуру вода остывает до температуры 50 °С и снова нагревается до 90 °С. Охлаждённая вода направляется обратно в тепловую сеть с температурой 50 °С. Нагрев воды, поступающей в отопительную систему, производится по температурному графику 95/70 в зависимости от температуры наружного воздуха. Температуру греющего теплоносителя (сетевой воды) на входе в теплообменник поддерживают путем смешения прямой и обратной воды в количествах, обеспечивающих заданный отопительный график. Регулирование температуры воды на входе в систему отопления выполняют с помощью регулирующего клапана с электроприводом. Сигнал от датчика температуры, установленного на трубопроводе прямой сетевой воды (поз. 9а), подается в электронный регулятор температуры, куда так же подается сигнал от датчика температуры, установленного на трубопроводе обратной сетевой воды (поз. 15а). Регулятор при помощи электрического исполнительного механизма (поз. 3б) управляет электроприводом клапана, в зависимости от показателей температуры наружного воздуха, измеряемой датчиком температуры (поз. 4а) и температурным графиком отопительной системы (рисунок 2).

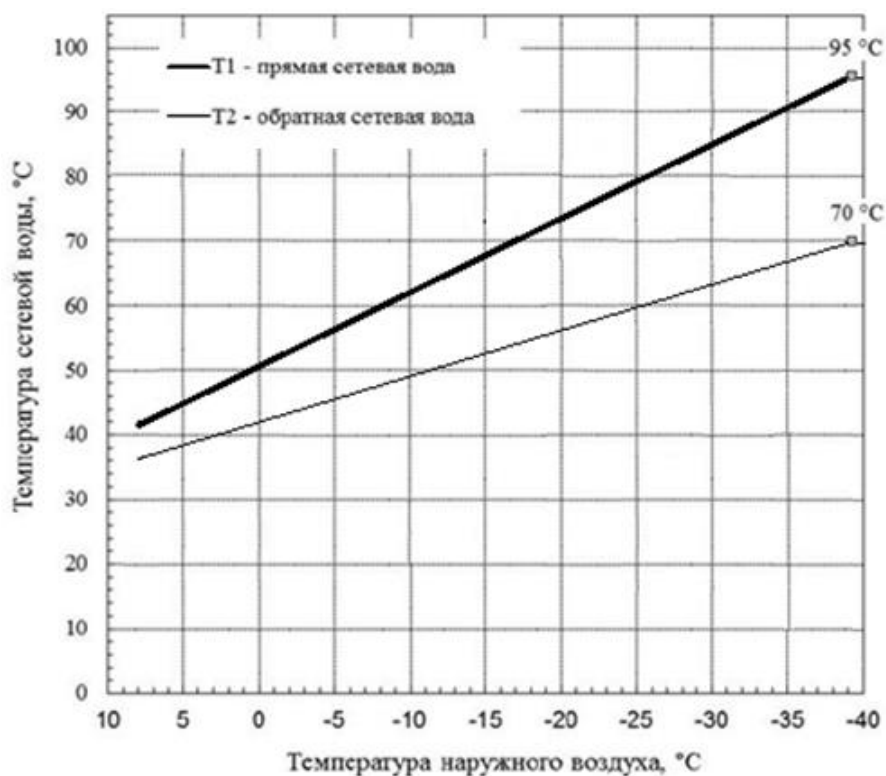


Рисунок 2 – Отопительный температурный график 95/70 °C для системы теплоснабжения здания

Автоматизированный узел управления должен обеспечивать:

- 1) регулировку температуры теплоносителя в подающем и обратном трубопроводе в зависимости от температуры окружающей среды и температурного графика;
- 2) регистрацию и передачу показаний о состоянии текущих параметров диспетчеру.

Для учета расхода тепловой энергии (ТЭ) в тепловом пункте предусматривается установка узла учета в соответствии с Правилами учета тепловой энергии и теплоносителя [1]. Все приборы КИПиА необходимо расположить на щите управления.

Согласно требованиям противопожарной, экологической, санитарно-гигиенических и других норм, действующих на территории РФ, проект учета тепловой энергии должен соответствовать и обеспечивать безопасность для жизни и здоровья людей эксплуатирующих данный объект.

Нагрузка на отопление определена по укрупнённым показателям [2].

Исследуемый объект представляет собой трехэтажное административное здание с цокольным этажом.

Расчет коэффициента инфильтрации производится по формуле [4]:

$$K_{\text{ир}} = 10^{-2} \sqrt{\left[2gL \left(1 - \frac{273+t_0}{273+t_j} \right) + w_0^2 \right]}, \quad (1)$$

где g – ускорение свободного падения, $9,8 \text{ м/с}^2$;

L – свободная высота здания, $12,45 \text{ м}$;

w_0 – расчетная для данной местности скорость ветра в отопительный период, $4,7 \text{ м/с}$, [4].

$$K_{\text{ир}} = 10^{-2} \sqrt{\left[2gL \left(1 - \frac{273+t_0}{273+t_j} \right) + w_0^2 \right]} = 10^{-2} \sqrt{\left[2 \cdot 9,8 \cdot 12,45 \left(1 - \frac{273-39}{273+18} \right) + 4,7^2 \right]} = 0,084.$$

Для определения по укрупненным показателям расчетной нагрузки на отопление, необходимой для создания комфортной температуры внутри помещения, используем формулу [4]:

$$Q_{\text{от}} = \alpha \cdot V \cdot q_{\text{от}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}^{\text{расч}}}) \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/ ч.} \quad (2)$$

где α – коэффициент при расчетных температурах наружного воздуха для проектирования систем отопления, $\alpha = 0,9$ для Томска;

V – строительный объем здания, 907 м^3 ;

$q_{\text{от}}$ – удельная тепловая характеристика для отопления,

$0,6 \text{ ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{С} \cdot \text{ч})$ определяется в зависимости от наружного объема здания, года постройки и его назначения;

$t_{\text{вн}}$ – температура внутри помещения, $18 \text{ }^\circ\text{С}$;

$t_{\text{нв}^{\text{расч}}}$ – расчетная температура наружного воздуха, $-39 \text{ }^\circ\text{С}$.

$$Q_{\text{от}^{\text{расч}}} = \alpha \cdot V \cdot q_{\text{от}} \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}^{\text{расч}}}) (1 + K_{\text{ир}}) \cdot 10^{-6};$$

$$Q_{\text{от}^{\text{расч}}} = 0,9 \cdot 907 \cdot 0,6 \cdot (18 - (-39)) \cdot 10^{-6} (1 + 0,084) = 0,0303, \text{ Гкал/ ч.} \quad (3)$$

Структурная схема АСУ теплового узла определяет основные функциональные части, их назначение и взаимосвязи между ними. На рисунке 3 представлена структурная схема рассматриваемого теплового узла.

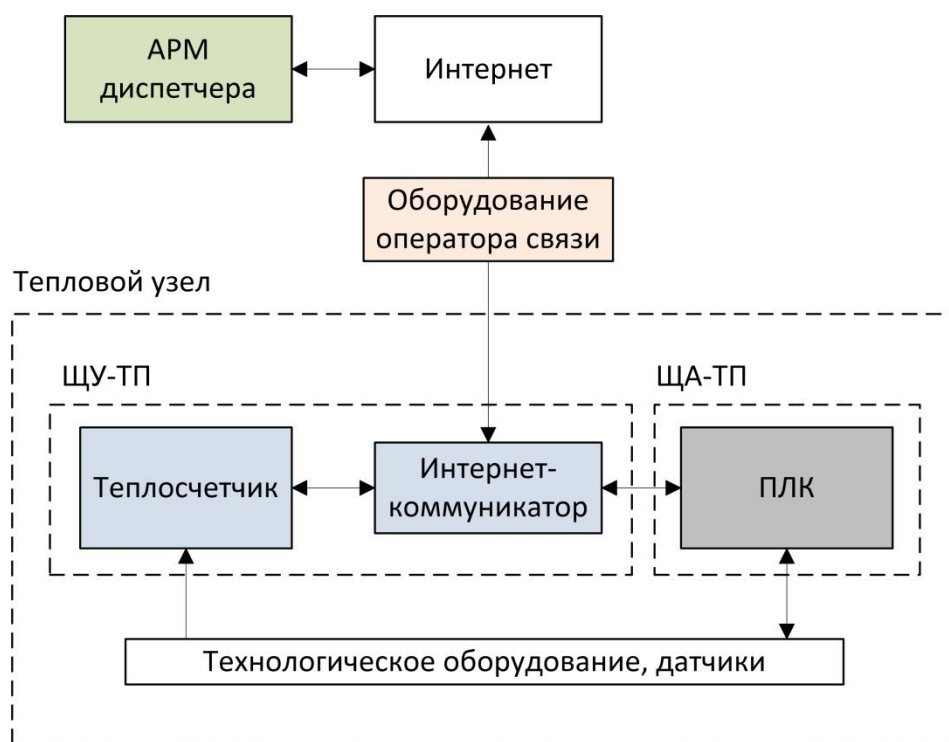


Рисунок 3 – Структурная схема АСУ теплового узла

Рассмотрим функциональные части структурной схемы, изображенной на рисунке 3:

1. ПЛК – это программно-управляемое устройство, работающее в режиме реального времени. Его основные предназначения – это сбор, хранение и обработка информации, а также выработки команды управления согласно заданному алгоритму.
2. Интернет-коммуникатор используется в системах диспетчеризации и удаленного управления для прямого соединения с приборами различного назначения.
3. Тепловычислитель обеспечивает учет параметров теплоносителя и измерение количества тепловой энергии.
4. Технологическое оборудование и датчики представляют собой набор приборов, таких как термометры, манометры, расходомеры, насосы и т.д.
5. АРМ диспетчера. Система диспетчеризации предназначена для получения информации о параметрах объекта и позволяет в режиме реального

времени осуществлять текущий контроль потребления энергоресурсов в удобной для оператора форме.

Таким образом, информация с технологического оборудования и датчиков поступает на ПЛК и тепловычислитель, где осуществляется обработка параметров. Затем данные с помощью интернет-коммуникатора и оборудования оператора связи поступают в диспетчерскую, где можно наглядно отследить параметры теплового пункта.

2 Результаты внедрения системы диспетчеризации и управления теплопотреблением здания

Внедрение системы позволяет получить следующий эффект:

- оптимизировать потребление тепловой энергии. Это достигается путем ограничения теплового потока теплоносителя, поступающего из тепловых сетей в соответствии с потребностями объекта регулирования. Ограничение потребления тепловой энергии происходит в случае завышения температурного графика теплоснабжающей организацией в осенне-весенний период и в периоды потеплений. В остальное время максимальный расход ограничен лишь договорными параметрами потребителя тепловой энергии, которые заданы в настройках электронного блока. Таким образом, в периоды минимальной температуры наружного воздуха регулятор обеспечивает максимальный договорной расход теплоносителя, а в периоды потепления расход тепловой энергии снижается.

2.1 Расчёт измеряемых параметров теплоносителя

1. Максимальный расход теплоносителя вычисляем по формуле [4]:

$$G_{\max} = \frac{Q_{\max} \cdot 10^3}{c \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 \cdot 10^3}{1 \cdot (95 - 70)} = 1,21 \text{ т/час.} \quad (4)$$

где $Q_{\max} = 0,0303 \text{ Гкал/час}$ – расчетная максимальная тепловая нагрузка;

$c = 1 \text{ Ккал/(кг} \cdot \text{°C)}$ – удельная теплоемкость воды;

$T_{\text{пр}} = 95 \text{ °C}$ – температура воды в подающем трубопроводе;

$T_{\text{обр}} = 70 \text{ °C}$ – температура воды в обратном трубопроводе.

2. Средний расход теплоносителя вычисляется по формуле [4]:

$$G_{\text{ср}} = \frac{Q_{\text{ср}} \cdot 10^3}{c \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{обр}})} = \frac{0,014 \cdot 10^3}{1 \cdot (95 - 70)} = 0,56 \text{ т/час.} \quad (5)$$

Среднюю тепловую нагрузку вычисляем по формуле [4]:

$$Q_{\text{ср}} = \frac{Q_{\max} (T_{\text{вн}} - T_{\text{ср}})}{(T_{\text{вн}} - T_{\text{мин}})} = \frac{0,0303 \cdot (18 - (-8,4))}{(18 - (-39))} = 0,014 \text{ Гкал/ч.} \quad (6)$$

где $T_{\text{вн}} = 18 \text{ °C}$ – внутренняя температура в помещении;

$T_{\min} = -39 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – минимальная температура наружного воздуха;

$T_{\text{ср}} = -8,4 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – средняя температура в отопительный период.

3. Минимальный расход теплоносителя вычисляем по формуле [4]:

$$G_{\min} = \frac{Q_{\min} \cdot 10^3}{c \cdot (T_{\text{пр}} - T_{\text{обр}})} = \frac{0,0006 \cdot 10^3}{1 \cdot (75 - 50)} = 0,02 \text{ т/час.} \quad (7)$$

Минимальную тепловую нагрузку вычисляем по формуле [4]:

$$Q_{\min} = \frac{Q_{\max} (T_{\text{вн}} - T_{\text{л}})}{(T_{\text{вн}} - T_{\min})} = \frac{0,0303 \text{ г} (18 - 17,5)}{(18 - (-39))} = 0,0006 \text{ Гкал/ч.} \quad (8)$$

где $T_{\text{л}} = 17,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – средняя температура летнего месяца;

$T_{\text{пр}} = 75 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура воды в подающем трубопроводе;

$T_{\text{обр}} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура воды в обратном трубопроводе.

2.2 Расчет теплопотребления административного здания

Необходимую расчетную отопительную нагрузку для каждого месяца отопительного периода вычисляем по формулам [4]:

$$Q_{\text{от,расч}} = Q_{\text{от,расч}} \cdot K_t^{\text{мес}} \cdot \tau_{\text{мес}}; \quad (9)$$

$$K_t^{\text{мес}} = \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вн}}^{\text{расч}} - t_{\text{нв}}^{\text{расч}}}, \quad (10)$$

где $Q_{\text{расч}}$ – расчетная нагрузка, необходимая для создания комфортных условий внутри помещения;

$K_t^{\text{мес}}$ – коэффициент, зависящий от среднемесячной температуры наружного воздуха каждого месяца;

$t_{\text{вн}}$ – температура внутри помещения, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{нв}}^{\text{факт}}$ – температура наружного воздуха расчетного месяца, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{вн}}^{\text{расч}}$ – расчетная температура внутри помещения, $^{\circ}\text{C}$.

Расчетный расход теплоносителя для каждого месяца вычисляем по формуле [4]:

$$G_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{расч}} \cdot 10^3 \tau_{\text{мес}}}{c_p \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})}, \text{ Т/ч,} \quad (11)$$

где c_p – теплоемкость воды, 1 Ккал/(кг*°C).

Расчетная отопительная нагрузка за октябрь, за 31 день:

$$K_t^{\text{мес}} = \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вп}}^{\text{расч}} - t_{\text{нв}}^{\text{расч}}} = \frac{18 - (-2,4)}{18 - (-39)} = 0,358; \quad (12)$$

$$Q_{\text{от,расч}} = Q_{\text{от,расч}} \cdot K_t^{\text{мес}} \cdot \tau_{\text{мес}} = 0,0303 \cdot 0,358 \cdot 31 \cdot 24 = 8,07, \text{ Гкал/мес.} \quad (13)$$

Расчетный расход теплоносителя за отопительный месяц октябрь:

$$G_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{расч}} \cdot 10^3 \tau_{\text{мес}}}{c_p \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 \cdot 10^3 \cdot 744}{1 \cdot (95 - 70)} = 901,7 \text{ Т/мес.}$$

Расчетная отопительная нагрузка за ноябрь, 30 дней:

$$K_t^{\text{мес}} = \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вп}}^{\text{расч}} - t_{\text{нв}}^{\text{расч}}} = \frac{18 - (-13,6)}{18 - (-39)} = 0,554;$$

$$Q_{\text{от,расч}} = Q_{\text{от,расч}} \cdot K_t^{\text{мес}} \cdot \tau_{\text{мес}} = 0,0303 \cdot 0,554 \cdot 30 \cdot 24 = 12,08, \text{ Гкал/мес.}$$

Расчетный расход теплоносителя за отопительный месяц ноябрь:

$$G_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{расч}} \cdot 10^3 \tau_{\text{мес}}}{c_p \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 \cdot 10^3 \cdot 720}{1 \cdot (95 - 70)} = 872,6 \text{ Т/мес.}$$

Расчетная отопительная нагрузка за декабрь, за 31 день:

$$K_t^{\text{мес}} = \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вп}}^{\text{расч}} - t_{\text{нв}}^{\text{расч}}} = \frac{18 - (-13,9)}{18 - (-39)} = 0,559;$$

$$Q_{\text{от,расч}} = Q_{\text{от,расч}} \cdot K_t^{\text{мес}} \cdot \tau_{\text{мес}} = 0,0623 \cdot 0,559 \cdot 31 \cdot 24 = 12,6 \text{ Гкал/мес.}$$

Расчетный расход теплоносителя за месяц декабрь:

$$G_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{расч}} \cdot 10^3 \tau_{\text{мес}}}{c_p \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 \cdot 10^3 \cdot 744}{1 \cdot (95 - 70)} = 901,7 \text{ Т/мес.}$$

Расчетная отопительная нагрузка за январь, за 31 день:

$$K_t^{\text{мес}} = \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вп}}^{\text{расч}} - t_{\text{нв}}^{\text{расч}}} = \frac{18 - (-15,8)}{18 - (-39)} = 0,593;$$

$$Q_{\text{от,расч}} = Q_{\text{от,расч}} \cdot K_t^{\text{мес}} \cdot \tau_{\text{мес}} = 0,0303 \cdot 0,593 \cdot 31 \cdot 24 = 13,39, \text{ Гкал/мес.}$$

Расчетный расход теплоносителя за месяц январь:

$$G_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{расч}} \cdot 10^3 \tau_{\text{мес}}}{c_p \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 \cdot 10^3 \cdot 744}{1 \cdot (95 - 70)} = 901,7 \text{ Т/мес.}$$

Расчетная отопительная нагрузка за февраль, за 28 дней:

$$K_t^{\text{мес}} = \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вп}}^{\text{расч}} - t_{\text{нв}}^{\text{расч}}} = \frac{18 - (-12,4)}{18 - (-39)} = 0,533;$$

$$Q_{\text{от,расч}} = Q_{\text{от,расч}} \cdot K_t^{\text{мес}} \cdot \tau_{\text{мес}} = 0,0303 \cdot 0,533 \cdot 28 \cdot 24 = 10,8 \text{ Гкал/мес.}$$

Расчетный расход теплоносителя за месяц февраль:

$$G_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{расч}} \cdot 10^3 \tau_{\text{мес}}}{c_p \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 \cdot 10^3 \cdot 672}{1 \cdot (95 - 70)} = 814,5 \text{ Гкал/мес.}$$

Расчетная отопительная нагрузка за март, за 31 дней:

$$K_t^{\text{мес}} = \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вп}}^{\text{расч}} - t_{\text{нв}}^{\text{расч}}} = \frac{18 - (-4)}{18 - (-39)} = 0,386;$$

$$Q_{\text{от,расч}} = Q_{\text{от,расч}} \cdot K_t^{\text{мес}} \cdot \tau_{\text{мес}} = 0,0303 \cdot 0,386 \cdot 31 \cdot 24 = 8,7 \text{ Гкал/мес.}$$

Расчетный расход теплоносителя за месяц март:

$$G_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{расч}} \cdot 10^3 \tau_{\text{мес}}}{c_p \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 \cdot 10^3 \cdot 744}{1 \cdot (95 - 70)} = 901,7 \text{ Гкал/мес.}$$

Расчетная отопительная нагрузка за апрель, за 30 дней:

$$K_t^{\text{мес}} = \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вп}}^{\text{расч}} - t_{\text{нв}}^{\text{расч}}} = \frac{18 - 4,1}{18 - (-39)} = 0,243;$$

$$Q_{\text{от,расч}} = Q_{\text{от,расч}} \cdot K_t^{\text{мес}} \cdot \tau_{\text{мес}} = 0,0303 \cdot 0,243 \cdot 30 \cdot 24 = 5,3 \text{ Гкал/мес.}$$

Расчетный расход теплоносителя за месяц апрель:

$$G_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{расч}} \cdot 10^3 \tau_{\text{мес}}}{c_p \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 \cdot 10^3 \cdot 720}{1 \cdot (95 - 70)} = 872,6 \text{ Гкал/мес.}$$

Расчетная отопительная нагрузка за май, за 31 дней:

$$K_t^{\text{мес}} = \frac{t_{\text{вп}} - t_{\text{нв}}^{\text{факт}}}{t_{\text{вп}}^{\text{расч}} - t_{\text{нв}}^{\text{расч}}} = \frac{18 - 7}{18 - (-39)} = 0,193;$$

$$Q_{\text{от,расч}} = Q_{\text{от,расч}} \cdot K_t^{\text{мес}} \cdot \tau_{\text{мес}} = 0,0303 \cdot 0,193 \cdot 31 \cdot 24 = 4,3 \text{ Гкал/мес.}$$

Расчетный расход теплоносителя за месяц май:

$$G_{\text{расч}} = \frac{Q_{\text{расч}} \cdot 10^3 \tau_{\text{мес}}}{c_p \cdot (t_{\text{под}} - t_{\text{обр}})} = \frac{0,0303 \cdot 10^3 \cdot 744}{1 \cdot (95 - 70)} = 901,7 \text{ Гкал/мес.}$$

2.3 Результаты внедрения интеллектуальной системы дистанционного контроля и управления теплоснабжением здания

Внедрение системы позволяет получить следующий эффект:

- оптимизировать потребление тепловой энергии. Это достигается путем ограничения теплового потока теплоносителя, поступающего из тепловых сетей в соответствии с потребностями объекта регулирования. Ограничение потребления тепловой энергии происходит в случае превышения температурного графика теплоснабжающей организацией в осенне-весенний период и в периоды потеплений. В остальное время максимальный расход ограничен лишь договорными параметрами потребителя тепловой энергии, которые заданы в настройках электронного блока. Таким образом, в периоды минимальной температуры наружного воздуха регулятор обеспечивает максимальный договорной расход теплоносителя, а в периоды потепления расход тепловой энергии снижается;

- выполнять потребление теплоносителя. Регулятор теплоснабжения при подключении к тепловычислителю имеет возможность максимально точно поддерживать договорной расход теплоносителя, определяемый из паспорта системы отопления здания. Таким образом, исключается возможность выставления штрафных санкций со стороны теплоснабжающей организации за нарушение договорных расходов теплоносителя;

- поддерживать температурный график. Регулятор теплоснабжения поддерживает температурный график теплоснабжения, задаваемый теплоснабжающей организацией. Данный график вводится в базу настроечных параметров непосредственно, что позволяет избежать ошибок при работе аппаратуры;

- контроль за утечками теплоносителя. У тепловычислителя есть возможность контролировать утечку или несанкционированный водоразбор из системы отопления.

Внедрение СУ теплоснабжением должно сократить затраты на отопление здания. Посмотрим на приведенные затраты тепловой энергии с

октября 2019 года по май 2020 года. Приведем приблизительный расчет затрат на отопление в подобном здании уже с внедрённой СУ теплоснабжением. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Объем потребления тепловой энергии

Месяц год	Кол-во дней	Кол-во часов	Расчет потребления на температуру минус 39 °С	Объем согласно договору	При внедрении СУ теплоснабжением
Октябрь 2019	31	744	22,54 Гкал	8,07 Гкал	1,1 Гкал
Ноябрь 2019	30	720	21,8 Гкал	12,08 Гкал	4,2 Гкал
Декабрь 2019	31	744	22,54 Гкал	12,6 Гкал	6,7 Гкал
Январь 2020	31	744	22,54 Гкал	13,39 Гкал	12,3 Гкал
Февраль 2020	28	672	20,36 Гкал	10,8 Гкал	9,7 Гкал
Март 2020	31	744	22,54 Гкал	8,7 Гкал	5,1 Гкал
Апрель 2020	30	720	21,8 Гкал	5,3 Гкал	0,8 Гкал
Май 2020	31	744	22,54 Гкал	4,3 Гкал	0,6 Гкал
Всего:	243	5832	176,7 Гкал	75,24 Гкал	40,5 Гкал

Из таблицы 1.1 можно сделать вывод, что экономия составила 34,74 Гкал, то есть 46%.

3 Описание автоматизированной системы мониторинга и управления теплоснабжением здания

Система мониторинга и управления теплоснабжением здания (далее – система) включает в себя комплекс оборудования для управления теплоснабжением на узле управления и программное обеспечение для удалённого доступа.

Система позволяет выполнять функции:

- 1) осуществление ежечасного опроса узлов учета для контроля работоспособности системы отопления и ошибок измерения;
- 2) формирование периодической отчетности в соответствии с требованиями предприятия «Энергосбыт»;
- 3) проведение анализа работы энергосистемы;
- 4) удалённое управление.

Структурная схема системы в общем виде представлена в приложении ФЮРА.421000.008 С1

Данные могут собираться в двух режимах: ручном и автоматическом. Использование автоматического режима больше подходит для сбора информации с узлов, сохранения полученных данных и формирования отчетов. Ручной режим больше используется для связи с оборудованием по модему, GSM или непосредственного соединения оборудования, для получения и наблюдения, дистанционного измерения за текущими параметрами, расходом энергопотребления, а также сохранения и формирования отчетов опрошенного оборудования и архивирования этих данных.

При использовании системы диспетчеризации можно получить некоторые преимущества:

1. Часть работ может совершаться на удаленном расстоянии. А именно обслуживания узла и определение неисправности. Что позволяет сэкономить на транспортных издержках;
2. Система непрерывного контроля и опроса датчиком способствует поиску ошибки вычислителя и дает косвенную оценку о работе системы

автоматического регулирования, что своевременно помогает обнаружить неблагоприятный водозабор или другие проблемы.

3. Система диспетчеризации является открытой для систем OLE-автоматизации, что позволяет использовать ее в VBA-приложениях, которые широко применяются в Internet-технологиях и в офисных программах Microsoft Word, Excel.

Система автоматической диспетчеризации имеет перспективы развития по следующим направлениям:

1. Расширение списка поддерживаемых приборов учета;
2. Создания шаблонов на базе Microsoft Word и Excel, которые в дальнейшем будут передаваться в Энергонадзор;
3. Поддержка Internet-технологий для получения отчетности и анализа работы через сеть Internet.

3.1 Описание программного обеспечения системы

3.1.1 Microsoft Word и Excel

Офисные программы Microsoft поддерживают работу с пользовательскими программами через OLE -автоматизацию. Это значит, имеется возможность создания документов с автоматическим заполнением данных из архива системы автоматической диспетчеризации. В этом направлении открыты широкие возможности представления данных в виде табличной отчетности, графиков, гистограмм, а также возможность автоматически создавать документы с анализом работы системы. Кроме того, программист-пользователь может создавать свои документы, пользуясь существующим интерфейсом и VBA, не вникая в работу системы диспетчеризации. Разработан ряд активных документов отчетности, которые формируются автоматически с помощью VBA.

3.1.2 Поддержка Internet технологий

В состав программного обеспечения входит модуль, его задача формировать и переслать отчет по почте всем пользователям. Вторая задача данного модуля обновлять отчетность на определённом сайте Internet и сервере http. Таким образом бухгалтерские документы, платежные данные и прочие расчеты могут доводиться по программному обеспечению руководящему составу предприятия. Имея непрерывный и регулярный доступ к городской компьютерной сети данная функция может быть реализована в полном

Представленная система диспетчеризации реализована в научно-производственном объединении «Внедрение энергосберегающих технологий» и успешно используется для приборов «КОНТО», «Взлет», СПТ-961 (ОАО «Логика»), счетчик ТЭМ (г. Москва). Предприятие имеет 10 летний опыт внедрения средств учета тепла и автоматизации потреблением тепла на рынке г. Томска. В процессе развития ведутся проектные, пусконаладочные работы, также дальнейшая разработка программного обеспечения системы диспетчеризации и автоматизированного обслуживания узлов.

3.2 Описание работы системы

Система, имеющая трехуровневое строение (структуру), работает нижеприведенным способом. Уровень сбора и трансляция данных включает в себя регуляторы, тепловычислители и GPRS-терминалы «ВЭСТ», которые располагаются в щитах передачи и учета. Тепловычислители, которые формируют маячки сигнализации занимаются функцией регистрации, измерения, архивирования технологических показателей и учетных параметров теплоносителя (жидкости). Механизм регулятора производит контроль, измеряет, а также совершается функция архивирования показателей, которые в свою очередь характеризуют уровень объекта управления с точки зрения технологического аспекта. Параллельно выполняется автоматическое управление исполнительными механизмами, способствующее поддержанию необходимых, выставленных значений конкретных технологических

параметров. ССО, АРМ диспетчера и GPRS-терминалы — это основа уровня обработки и представления их данных. Автоматический режим помогает АРМ диспетчерам запрашивать с узлов (удалённых объектов контроля) в определенный период времени параметры с измеряемых датчиков для предоставления информации или формирования отчетов. GPRS-терминалы связываются и взаимодействуют между собой по стандарту GSM (сотовая связь), сервер связи обеспечивает транзакцию данных по сети Internet. Задачей диспетчера АРМ является контроль технологических значений объекта контроля и визуализация учетных параметров. Диспетчер так же формирует отчеты и обеспечивает сохранность и безопасность данных, от несанкционированной утечки и взлома.

3.3 Учет тепловой энергии

Энергосберегающая организация определяет массу (объем) теплоносителя и количество тепловой энергии получаемой потребителем согласно договорному периоду и показаниям приборов установленных в узле учета по формуле [4].:

$$Q = G_1 \cdot (h_1 - h_2) \cdot 10^{-3}, \quad (14)$$

где G_1 — масса сетевой воды в подающем трубопроводе, полученная потребителем и определенная по его приборам учета;

h_1 — энтальпия сетевой воды в подающем трубопроводе ИТП;

h_2 — энтальпия сетевой воды в обратном трубопроводе ИТП.

Показатель энтальпии рассчитывают (определяют) по соответствующему измерению или расчетной формуле на узле учета источника тепловой энергии. Чаще всего берется среднее значение температуры и давления в рассматриваемый период времени.

Энергосберегающая организация определяет отклонения полученной тепловой энергии, температуры и массы теплоносителя от заданных значений нормированных договором используя показания регистрирующих приборов и показания теплосчетчика в узле учета.

3.4 Управление теплопотреблением здания

Температура в помещении зависит от температуры наружного воздуха. Ее регулирование происходит автоматизированным индивидуальным тепловым пунктом, подключённым к центральной системе отопления. Теплоноситель нагревается в теплообменнике и при помощи циркуляционных насосов происходит движение теплоносителя в системе отопления. Регулятор настроен таким образом, чтобы ликвидировать перерасход тепловой энергии и сделать ее потребление оптимальным. Схема системы управления теплопотреблением представлена на рисунке 4.

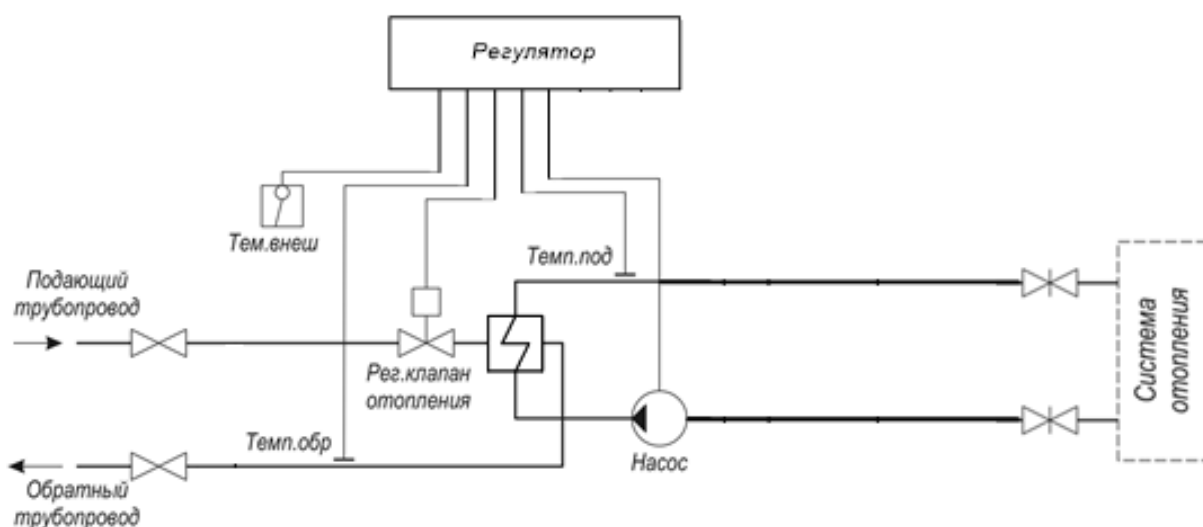


Рисунок 4 – Принципиальная схема системы управления теплопотреблением здания.

На вход регулятора подаются сигналы с первичных преобразователей температур находящихся в прямом и обратном трубопроводе. Исполнительными органами являются регулирующие клапана с электроприводом, их задача изменять подачу тепловой энергии поступающей на нагрев внутреннего теплоносителя. Положение клапанов зависит от дельты температуры воздуха внутри помещения и снаружи.

Удалённая связь обеспечивает соединение компьютера с контролером, и позволяет отобразить на экране дисплея все параметры работы теплового узла и управлять ими. В каждом тепловом пункте имеется шкаф управления, он

производит плавный запуск насосов, автоматически включает резервный насос, если основной остановился, производит защиту электродвигателей от перепада напряжения, сбоя в электросети, переключает насосы между собой для равномерной выработки моторесурса и не допускает сухой ход насоса. Через этот шкаф подключены приборы управления, регистрации и связи.

Надежность работы и простое обслуживание обеспечивается поворотными затворами и шаровыми кранами, они не имеют сальниковых уплотнений. Такое оснащение ТП снижает суммарные затраты на потребление тепловой энергии, электроэнергии, затрат на ремонт, обслуживание и эксплуатацию на 35 – 50 % по сравнению с традиционными тепловыми пунктами.

4 Выбор технических средств СУ теплоснабжения. Составление заказной спецификации

При разработке автоматической системы регулирования температуры рабочей жидкости предпочтение отдавалось серийно выпускаемым техническим средствам автоматизации. При этом учитывались такие параметры как взаимозаменяемость, сочетаемость приборов, наличие унифицированных сигналов и легкость в эксплуатации.

Для создания системы управления теплоснабжением необходимо выбрать следующее оборудование:

- теплосчетчик;
- датчик температуры наружного воздуха;
- датчики температуры сетевой воды в прямом и обратном трубопроводах;
- регулирующее устройство (программируемый логический контроллер);
- исполнительный механизм;
- блок управления исполнительного механизма;
- датчики давления воды в системе отопления;
- расходомеры;
- регулирующий клапан с электроприводом на трубопроводе подачи воды в систему отопления.

4.1 Выбор теплосчетчика

При выборе теплосчетчика большое значение имеет не только эксплуатационные характеристики и функциональные возможности, но и точность вычисления количества теплоты. Предел относительной погрешности измерительного канала рассчитывается по исходным данным, заложенным в проекте:

- измеряемые температуры в подающем и обратном трубопроводах, соответственно, 125/70 °С;
- измеряемый расход 0,55 т/ч.

4.1.1 Теплосчетчик ТЭМ-104

Предназначение теплосчетчика ТЭМ-104 – это измерение и регистрация значений потребляемого (отпущенного) количества теплоты (тепловой энергии) теплоносителя, а также других системных параметров теплоснабжения и горячего водоснабжения с целью технологического и коммерческого учета.

Данные счетчики применяются: в тепловых пунктах жилых домов, в общественных и производственных зданиях, на предприятиях тепловых сетей, в центральных тепловых пунктах и в сетях объектов бытового назначения.

Теплосчетчик обеспечивает:

- 1) измерение и индикацию:
 - текущих значений объемного G_V в $\text{м}^3/\text{ч}$ и массового G_M в $\text{т}/\text{ч}$ расходов теплоносителя в трубопроводах, на которых установлены измерительные преобразователи (ИП) (с частотным выходным сигналом) или первичные преобразователи расхода (ППР);
 - текущих температур теплоносителя в трубопроводах, на которых установлены термопреобразователи сопротивления (ТПС);
 - текущего давления в трубопроводах (МПа), на которых установлены датчики избыточного давления (ДИД);
- 2) вычисление и индикацию:
 - текущей разности температур между подающим и обратным трубопроводами;
- 3) вычисление, индикацию и накопление с нарастающим итогом:
 - потребленного (отпущенного) количества теплоты (тепловой энергии) Q в Гкал;
 - массы M (т) и объема V (м^3) теплоносителя, протекшего по трубопроводам, на которых установлены ППР;
 - T_p – времени работы прибора при поданном питании в ч:мин;
 - $T_{\text{нараб}}$ – времени работы прибора без остановки счета с нарастающим итогом ч:мин;
 - $T_{\text{ош}}$ – времени работы прибора при наличии ТН в ч:мин;

- архива данных.
- 4) регистрацию:
 - потребленного (отпущенного) количества теплоты (тепловой энергии) за каждый час Q в Гкал;
 - массы M (т) и объема V (м³) теплоносителя, протекшего за каждый час по трубопроводам, на которых установлены ППР;
 - среднечасовых и среднесуточных значений температур теплоносителя в трубопроводах;
 - среднечасовой и среднесуточной разности температур между подающим и обратным трубопроводами;
 - часовых и суточных измеряемых (или программируемых) среднеарифметических значений давления в трубопроводах;
 - времени работы при поданном напряжении питания;
 - времени работы в штатном режиме $T_{\text{нараб}}$ (время наработки);

Теплосчетчик ТЭМ-104 класса В согласно ГОСТу Р 51649 имеет допуск относительной погрешности измерительного канала количества теплоты (ККТ), данный допуск рассчитывается по формуле [5]:

$$\delta_0 = \left(3 + 4 \frac{\Delta t_{\min}}{\Delta t} + 0,01 \frac{G_{\max}}{G} \right), \quad (15)$$

где Δt_{\min} – наименьшее значение разности температур в подающем и обратном трубопроводах. В проекте предполагается термопреобразователи «Метран 204» и «Метран 243», для которых $\Delta t_{\min} = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$, Δt – измеряемая разность температур, в проектируемой системе $\Delta t = 125 - 70 = 55 \text{ } ^\circ\text{C}$;

G – измеряемый расход теплоносителя, расчетный максимальный расход в системе $G = 0,55 \text{ т/ч}$. G_{\max} – верхний предел измерения расходомера для проектируемого узла $G_{\max} = 1,3 \text{ т/ч}$.

$$\delta_0 = \pm \left(3 + 4 \cdot \frac{\Delta t_{\min}}{\Delta t} + 0,01 \cdot \frac{G_{\max}}{G} \right) = \pm \left(3 + 4 \cdot \frac{2}{55} + 0,01 \cdot \frac{3,6}{1,21} \right) = 3,175 \%. \quad (16)$$

Величина относительной погрешности, %, измерительного канала количества теплоты теплосчетчика вычисляется по формуле [5]:

$$\delta Q_{TЭМ-104} = \pm \sqrt{(\delta_{KPV})^2 + (\delta_{\Delta t})^2 + (\delta_{ИМ\Delta t})^2 + (\delta Q_{ККТ_{выч}})^2}, \quad (17)$$

где δ_{KPV} – предел допускаемой относительной погрешности КР при измерении объема теплоносителя;

$\delta_{\Delta t}$ – предел допускаемой относительной погрешности комплекта термопреобразователей при измерении разности температур;

$\delta_{ИМ\Delta t}$ – предел допускаемой относительной погрешности теплосчетчика при измерении разности температур теплоносителя без учета погрешности термопреобразователей;

$\delta Q_{ККТ_{выч}}$ – предел допускаемой относительной погрешности информационно-вычислительных каналов количества теплоты.

Теплосчетчик имеет относительную погрешность, ее предел и допускаемое значение измеряемого объема или расхода δ_{KPV} , определяется по формуле. Преобразователи расхода типа ПРЭ класса В, имеют диапазон $G_{\min} \leq |G| \leq G_{\max}$, произведем расчет [5]:

$$\delta_{KPV} = \pm \left(1 + 0,01 \cdot \frac{G_{\max}}{G} \right) = \pm \left(1 + 0,01 \cdot \frac{3,6}{1,21} \right) = 1,029 \%, \quad (18)$$

Предел допускаемой погрешности измерения температур определяется по формуле [5]:

$$\Delta t_{\text{дон}} = \pm (0,04 + 0,002 \cdot \Delta t) = \pm (0,04 + 0,002 \cdot 55) = 0,15 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (19)$$

где Δt – разность температур теплоносителя в подающем и обратном трубопроводах, $^\circ\text{C}$.

Предел допускаемой относительной погрешности составит [5]:

$$\delta_{\Delta t} = \pm \frac{\Delta t_{\text{дон}}}{\Delta t} 100\% = \pm \frac{0,15}{55} 100\% = 0,273\%. \quad (20)$$

Формула для обеспечения расчета предела допускаемой погрешности теплосчетчика без учета погрешности термопреобразователя для измерения разности температур [5]:

$$\delta_{ИМ\Delta t} = \pm \frac{4}{\Delta t} = \pm \frac{4}{55} = \pm 0,073 \%. \quad (21)$$

Относительная погрешность вычислительных каналов количества теплоты не превышает $\delta Q_{\text{ККТ}_{\text{выч}}} = \pm 0,1 \%$.

Тогда величина относительной погрешности измерительного канала количества теплоты теплосчетчика

$$\delta Q_{\text{ТЭМ-104}} = \pm \sqrt{1,029^2 + 0,273^2 + 0,073^2 + 0,1^2} = 1,072 \%. \quad (22)$$

4.1.2 Теплосчетчик ВКТ

Величина относительной погрешности измерительного канала количества теплоты теплосчетчика в % вычисляется по формуле [6]:

$$\delta Q_{\text{ВКТ}} = \pm \sqrt{(\delta_{\text{ИКГ}})^2 + (\delta_{\text{ИК}\Delta t})^2 + (\delta_{Q_{\text{выч}}})^2} \quad (23)$$

где $\delta_{\text{ИКГ}}$ – предел допускаемой относительной погрешности измерительного канала расхода при измерении объема теплоносителя;

$\delta_{\text{ИК}\Delta t}$ – предел допускаемой относительной погрешности измерительного канала при измерении разности температур теплоносителя;

$\delta_{Q_{\text{выч}}}$ – предел допускаемой относительной погрешности информационно-вычислительных каналов количества теплоты.

Погрешность измерительного канала расхода теплоносителя $\delta_{\text{ИКГ}}$ в % определяется погрешностью, вносимой первичным преобразователем расхода электромагнитного типа ПРЭМ и погрешностью самого теплосчетчика, и определяется по формуле [6]:

$$\delta_{\text{ИКГ}} = \sqrt{\delta_{G \text{ ПРЭМ}}^2 + \delta_{G \text{ ВКТ}}^2}. \quad (24)$$

Предел допускаемой относительной погрешности при преобразовании расхода и объема в импульсный и цифровой сигналы $\delta_{G \text{ ПРЭМ}}^2 = 1 \%$.

Предел допускаемой относительной погрешности измерения расхода тепловычислителем по формуле [6]:

$$\delta_{G \text{ ВКТ}}^2 = \pm \left(0,01 + \frac{6}{T} \right) = \pm \left(0,01 + \frac{6}{16} \right) = 0,385 \%, \quad (25)$$

где $T \geq 16$ – период измерения расхода, с.

Тогда

$$\delta_{ИКГ} = \sqrt{\delta_{G\text{ ПРЭМ}}^2 + \delta_{G\text{ ВКТ}}^2} = \sqrt{1^2 + 0,385^2} = 1,07\%. \quad (26)$$

Предел допускаемой относительной погрешности измерительного канала при измерении разности температур теплоносителя составляют предел допускаемой относительной погрешности измерения разности температур теплоносителя КТСР-001, эта величина определяется по формулам 6 и составляет $\delta_{\Delta} = 0,36\%$, и предел допускаемой относительной погрешности измерения разности температур теплоносителя тепловычислителем: $\delta_{\Delta\text{ ВКТ}} = 0,03\%$. Таким образом, предельная относительная погрешность измерительного канала разности температур определяется по формуле [6]:

$$\delta_{ИК\Delta} = \sqrt{\delta_{\Delta}^2 + \delta_{\Delta\text{ ВКТ}}^2} = \sqrt{0,36^2 + 0,03^2} = 0,361\%, \quad (27)$$

Предел допускаемой относительной погрешности информационно-вычислительных каналов количества теплоты вычисляется по формуле [6]:

$$\delta_{Q_{\text{выч}}} = \pm \left(0,1 + \frac{3}{\Delta t} \right) = \pm \left(0,1 + \frac{3}{25} \right) = 0,22\%, \quad (28)$$

Таким образом, величина относительной погрешности измерительного канала количества теплоты теплосчетчика согласно формуле [6] составит:

$$\delta Q_{\text{ВТК}} = \pm \sqrt{1,07^2 + 0,361^2 + 0,22^2} = 1,15\%. \quad (29)$$

4.2 Выбор датчиков температуры

В разрабатываемой автоматической системе регулирования теплоснабжения здания регистрируется температура теплоносителя на прямые и обратные подачи сетевой воды и наружная температура воздуха. Для измерения температуры воды в прямом и обратном трубопроводе используют термоэлектрические преобразователи сопротивления. Так же регистрируется температура теплоносителя после теплообменника, для контроля температуры воды в системе отопления.

4.2.1 Датчики температуры сетевой воды

Компании «Метран» и «Элемер» представляют большой выбор датчиков для измерения температуры. Рассмотрим некоторые из них подробнее.

Для измерения температуры прямой и обратной сети рассмотрим несколько ТПС:

1) Термопреобразователи сопротивления серии Метран-200.

Термометры сопротивления предназначены для измерения температур жидких и газообразных сред. В линейку Метран-200 входит несколько преобразователей с разным диапазоном температур.

Тип и исполнение ТПС, НСХ первичного преобразователя температуры, диапазон измеряемых температур представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Основные технические характеристики первичных преобразователей температуры серии Метран–200 [7].

Наименование характеристик	ТСМ Метран-203, -204	ТСМ Метран- 243
Диапазон измеряемых температур, °С - для класса допуска В - для класса допуска С	От минус 50 до плюс 180	От минус 50 до плюс 120
Класс допуска по ГОСТ 6651-2009	В; С	С
Условное обозначение НСХ по ГОСТ 6651-2009	50М; 100М	50М

2) Термопреобразователи сопротивления типа ТСПУ 205, ТСМУ 205 и ТСМУ (ТСПУ) Метран 274 (276).

ТСПУ 205, ТСМУ 205 и ТСМУ (ТСПУ) Метран 274 (276) это термопреобразователи сопротивления, которые преобразовывают температуру в унифицированный токовый сигнал и передают ее запрашиваемому источнику. В состав термопреобразователя входит блок питания типа БПД – 40 – 2к или БПС – 24П.

Термопреобразователи устанавливаются в защитные чехлы для погружения в жидкость. Данные чехлы выдерживают маленькое давление (см. табл. 4.2), для установки в трубопроводы высокого давления необходимо предварительно установить защитную гильзу, она выбирается согласно заданным условиям давления.

Таблица 4.2 – Технические характеристики ТПС с унифицированным токовым выходным сигналом

Наименование	Метран – 274, Метран – 276	ТСПУ – 205, ТСПУ – 205
Предел допускаемой основной приведенной погрешности, %	$\pm 0,25$; $\pm 0,5$	$\pm 0,25$; $\pm 0,5$; $\pm 1,0$
Выходной сигнал, мА	0-5, 4-20	4-20
Напряжение питания, В	18-42	18-36
Потребляемая мощность, Вт	0,8	0,8

Выбираем ТПС фирмы «Метран» для измерения температуры в системе отопления, а именно Метран-274 с НСХ 100М для измерения температуры в прямом подающем трубопроводе сетевой воды, диапазон измерения данной модели от минус 50 до плюс 150 °С. В обратном трубопроводе будем устанавливать Метран-276 с НСХ Pt100, его диапазон измерения от минус 50 до плюс 100 °С. В целом, данный датчик температуры удовлетворяет предъявляемым требованиям: имеет достаточную точность измерения и приемлемую цену.

4.2.2 Датчик температуры наружного воздуха

Измерение температуры наружного воздуха будет производиться датчиком температуры Danfoss. Его основное отличие – это двухпроводное устройство подключение по симметричным взаимозаменяемым кабелям, он представляет собой платиновый термометр сопротивлением Pt1000 (3,85

Ом/град.). Надежность контактов обеспечивает прижимная пружина. Технические характеристики Danfoss ESMT приведены в таблице 4.3 [7].

Таблица 4.3 – Технические характеристики Danfoss ESMT

Измерительный элемент	Pt1000
Диапазон применения	От минус 50 до плюс 50 °С
Электрическое соединение	Две винтовые клеммы под крышкой
Степень защиты	IP54
Постоянная времени	Менее 15 минут
Материалы	Крышка: ABS Кабель: PC (поликарбонат)

4.3 Выбор регулирующего устройства

В качестве регулирующего устройства используется контроллер. В курсовом проекте рассматривались 3 контроллера от различных производителей, таких как: «ОВЕН»; «ВЭСТ»; «Siemens». Для реализации задачи необходимо 10 аналоговых входов для регистрации температуры, давления и расхода топлива. Также необходимо учитывать цену контроллера. Проведем сравнение характеристик контроллеров этих производителей. Для начала рассмотрим ПЛК фирмы «Siemens», цена которого составляет

59000 рублей. Применяется для решения задач автоматизации среднего уровня. Исполнение контроллера блочно-модульное. Технические характеристики S7-200 приведены в таблице 4.4 [8].

Таблица 4.4 – Технические характеристики контроллера S7-200

Центральные процессоры	CPU 221		CPU 222	CPU 224	CPU 224XP	CPU 226
1	2			2	4	5
Объем памяти программ (EEPROM), КБ (вкл/выкл редактирование в режиме RUN)	4			8 / 12	12 / 16	16 / 24
Объем памяти данных, КБ	2			8	10	
Время выполнения инструкций	0,2 мкс					
Центральные процессоры	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP	CPU 226	
1	2		2	4	5	
Арифметика с плавающей запятой	Поддерживается					
ПИД-регулирование	Поддерживается					
Импульсные выходы, кГц	2x20				2x100	2x20
	только в моделях с транзисторными выходными каскадами					
Количество таймеров / счетчиков / флагов	256/256/256					
Часы	Опциональный картридж		Встроенные			
Кол-во встроенных портов RS 485	1		2			
Кол-во встроенных входов-выходов	6 DI + 4 DO	8 DI + 6 DO	14 DI + 10 DO	14 DI + 10 DO 2 AI + 1 AO	24 DI + 16 DO	
Центральные процессоры	CPU 221	CPU 222	CPU 224	CPU 224XP	CPU 226	
Макс. кол-во входов-выходов системы	6 DI + 4 DO	40 DI + 38 DO; 8(0)AI + 2(4)AO	94 DI + 74 DO; 28(0)AI+7(14)AO	94 DI + 74 DO; 30(2)AI + 8(15)AO	128 DI + 120 DO; 28(0)AI + 7(14)AO	
Выходной ток встроенного блока питания	180 мА		280 мА			400 мА

Компания «ВЭСТ» разработала контроллер ВЭСТ-02 для автоматизации процессов в теплоэнергетической промышленности. Имеет бесплатное программное обеспечение «АКИАР». Цена ПЛК составляет 15000 рублей. Рассмотрим технические характеристики в таблице 4.5 [8].

Таблица 4.5 – Технические характеристики контроллера ВЭСТ-02

Напряжение питания	~220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность	3 ВА
Диапазон контроля температур	Минус 50 до плюс 150 °С
Тип входных датчиков температуры	Pt1000
Аналоговых входов	8 шт.
Цифровых входов	5 шт.
Симисторных выходов	6 шт.
Аналоговых выходов 0...10 В	2 шт.
Аналоговых выходов с ШИМ	2 шт.
Максимальный ток, коммутируемый контактами реле	0,5 А
Интерфейс связи	RS-232, RS-485

Контроллер фирмы «ОВЕН» имеет наименьшую цену (13000 рублей), а также встроенный источник питания. Рассмотрим ПЛК «ОВЕН 63» более подробно.

Имеется возможность управлять технологическим процессом непосредственно с лицевой панели контроллера с помощью встроенного текстового монохромного дисплея - для конфигурирования вывода и задания значения параметров программы, информации о ходе процесса и сигнализации и 9 кнопок управления - для управления индикацией задания значения параметров.

Встроенная батарея позволяет осуществлять бесперебойное питание элементов и переводить элементы в безопасное состояние при отключении энергопитания.

Контроллер имеет универсальные аналоговые входы для подключения широкого спектра датчиков и встроенные интерфейсы RS – 485, RS – 232, а также пять различных выходных элементов, которые можно выбрать при заказе контроллера. В качестве выходных устройств выбираем 5 цифроаналоговых преобразователей, с аналоговым выходным сигналом 0 – 10 В. В таблице 4.6 приведена характеристика контроллера [9].

Таблица 4.6 – Сравнительные технические характеристики ПЛК

Наименование контроллера	ОВЕН 63	ВЭСТ-02	SIMATIC-S7-200
Питание			
Напряжение питания	~220 В, 50 Гц	~220 В, 50 Гц	~220 В, 50 Гц
Потребляемая мощность, для переменного тока, ВА	18	3	12
Параметры встроенного вторичного источника питания, выходное напряжение, В	(24±3)	–	(24±3)
Цифровые (дискретные) входы			
Количество входов	8	8	6
Аналоговые входы			
Количество аналоговых входов	8	5	6
Разрядность АЦП, бит	15	15	
Среда программирования	Xcos	Xcos	Step7
Цена, руб.	13000	15000	59000

Выбираем контроллер фирмы «ОВЕН» подходит для реализации задачи проекта, так как имеет необходимые характеристики и 8 аналоговых входов.

4.4 Выбор исполнительного механизма

Исполнительный механизм выбираем, исходя из вида регулирующего органа и крутящего момента.

Максимальный крутящий момент вычисляется по формуле:

$$M_{\max} = 6,89 D_y - 338.$$

где D_y - условный диаметр трубопровода, мм.

При выборе учитывалось условие:

$$M_H > M_{\max},$$

где M_H – номинальный крутящий момент на выходном валу ИМ, Н·м.

Выбираем ИМ типа МЭО-250/25-0,25-Р-99 [11].

Данный исполнительный механизм снабжен датчиком положения выходного вала и функцией ручного управления. Питание данного исполнительного механизма осуществляется от сети переменного тока 220 В. Потребляемая мощность 240 Вт [9]. Цена составляет 19000 рублей.

4.5 Выбор насосов

Насос — это основной элемент водяной инженерной системы здания. Работа насоса неотъемлемо связана со всем оборудованием системы отопления, в том числе и с запорно-регулирующей арматурой. От взаимодействия этих двух элементов зависит эффективность функционирования всей системы отопления. Стоит отметить, что в системах переменного гидравлического сопротивления основная работа производится именно насосом и запорно-регулирующей арматурой, где регулирование расхода теплоносителя приводит к изменению гидравлических и электрических параметров насоса.

Эффективная работа системы обеспечивается не только качественной и высокопрочной запорно-регулирующей арматурой, но и высокой надежностью циркуляционного насоса. Наносы постоянно обновляют на рынках сбыта, выпуская более новые и более надежные версии. В некоторых случаях насосы могут выполнять функцию запорно-регулирующей арматуры. На сегодняшний день изготавливаются насосы со сдвоенным входом и выходом в одну линию, а

также со встроенными с обеих сторон поворотными заслонками. Все эти новшества значительно упрощают узлы обвязки насосов. В современных насосах располагаются электронные регуляторы, которые автоматически поддерживают требуемое давление теплоносителя, что позволяет отказаться от перепускных клапанов, в следствие улучшить работоспособность системы в целом и регулирующих клапанов в частности.

Циркуляционные насосы обычно ставиться в паре соединены параллельно или один сдвоенный насос, это позволяет оставлять один из насосов в резервном состоянии.

Выбирая циркуляционный насос следует учитывать:

1) подачу насоса – по расчётным расходам воды в системе отопления $G_{до}$ и $Q_{0\max}$, кг/с определённым по формулам[10]:

$$- \text{ для греющей воды: } G_{гр.сп.} = 3,6 \cdot \frac{Q_{0\max}}{(\tau_1 - \tau_2) \cdot c}; \quad (30)$$

$$- \text{ для нагреваемой воды: } G_{наг.сп.} = 3,6 \cdot \frac{Q_{0\max}}{(\tau_{01} - \tau_{02}) \cdot c}; \quad (31)$$

где $Q_{0\max}$ – максимальный тепловой поток на отопление.

τ_1 – температура греющей среды на входе в водоподогреватель;

τ_2 – температура греющей среды на выходе из водоподогревателя;

τ_{01} – температура нагреваемой среды на выходе из водоподогревателя;

τ_{02} – температура нагреваемой среды на входе в водоподогреватель.

2) Напор, м, определяется как

$$H = \frac{\Delta P \cdot \nu \cdot 10^6}{g}, \quad (32)$$

где ν – удельный объем теплоносителя во входном трубопроводе в водоподогреватель, м³/ч;

ΔP – разность давлений в напорном и всасывающем патрубках насоса, МПа, определяется как $\Delta P = P_{np} - P_{обр} - \Delta P_{то}$, здесь P_{np} – давление в подающем трубопроводе, МПа, $P_{обр}$ – давление в обратном трубопроводе, МПа, $\Delta P_{то}$ –

гидравлические потери в теплообменнике для соответствующего контура, Мпа;
 $g=9,8 \text{ м}^2/\text{с}$ – ускорение свободного падения.

В тепловом пункте объекта установлены теплообменное оборудование, значения гидравлических сопротивлений:

- Потери в контуре греющего теплоносителя 0,84;
- Потери в контуре нагреваемого теплоносителя 0,85.

При подборе циркуляционных насосов расчётная подача их должна быть в пределах 0,7 -1,1 подачи при максимальном КПД для данного типа насосов. При больших фактических расходах воды рекомендуется увеличить гидравлическое сопротивление за счёт установки дроссельных диафрагм или применять насос с регулируемым электроприводом.

Исходные данные для выбора циркуляционных насосов системы отопления:

$Q_{0 \max} = 0,0303 \text{ Гкал/ч}$ – расчётная максимальная тепловая нагрузка;

$c = 1 \text{ Ккал/кг}$ – удельная теплоёмкость воды;

$\tau_1 = 125 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура в подающем трубопроводе тепловой сети;

$\tau_{01} = 95 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура в подающем трубопроводе системы отопления;

$\tau_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура в обратном трубопроводе системы отопления;

$\tau_{02} = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ – температура в обратном трубопроводе.

Максимальный расход теплоносителя (греющей воды) вычисляется по формуле:

$$G_{гр.сп.} = \frac{Q_{0 \max} \cdot 10^3}{(\tau_1 - \tau_2) \cdot c} = \frac{0,0303 \cdot 10^3}{(125 - 70) \cdot 1} = 0,55 \text{ т/ч.} \quad (33)$$

Максимальный расход теплоносителя (нагреваемой воды) вычисляется по формуле:

$$G_{нагр.сп.} = \frac{Q_{0 \max} \cdot 10^3}{(\tau_{01} - \tau_{02}) \cdot c} = \frac{0,0303 \cdot 10^3}{(95 - 50) \cdot 1} = 1,21 \text{ т/ч.} \quad (34)$$

Тогда параметры насоса контура греющей среды системы отопления согласно формуле [10]:

- подача

$$V = 1,1 \cdot G_{гр.сп.} \cdot \nu \cdot 10^3 = 1,1 \cdot 0,55 \cdot 0,0010647 \cdot 10^3 = 0,64 \text{ т/ч}; \quad (35)$$

Согласно гидростатическому сопротивлению труб и теплообменника, а также разнице температур прямого и подающего трубопроводов, циркуляционный насос ставить на обратном трубопроводе не целесообразно.

Параметры насоса контура нагреваемой среды системы отопления:

- подача насоса нагреваемой среды системы отопления

$$V = 1,1 \cdot G_{нагр.сп.} \cdot \nu = 1,1 \cdot 1,21 \cdot 0,0010394 \cdot 10^3 = 1,38 \text{ т/ч}; \quad (36)$$

Выбираем насос типа Grundfos серии Magna 32-120 F.

4.6 Выбор блока управления исполнительным механизмом

В качестве блока управления исполнительным механизмом будем использовать интеллектуальный блок серии БУЭР1-30-02, выполняющий пуск, реверс и останов однофазных электродвигателей [12].

Новые блоки управления типа БУЭР, разработанные и выпускаемые ЗАО «Волмаг», являются аналогами известных пускателей для исполнительных механизмов МЭО типа ПБР и ФЦ, разработанных ОАО «СКБ СПА» (г. Чебоксары) более 20 лет назад.

Режим работы – повторно-кратковременный с продолжительностью включения до 25 %. Блок управления содержит микропроцессорное устройство, два приемо-передатчика интерфейсного канала RS – 485 и преобразователь питания, что обеспечивает:

- резервирование цифрового канала;
- прием команд управления исполнительным механизмом;
- формирование управляющих импульсов;
- передачу по цифровому каналу значения сигнала датчика положения механизма;
- диагностику работоспособности блоков управления и исполнительного механизма.

Для обмена по каналу RS-485 используется стандартный протокол Modbus.

Настройка интеллектуального блока осуществляется при помощи переносного пульта ПК – 302.

Так же к БУЭР1-30-02 подключен датчик температуры наружного воздуха ESMT–084N1012. Согласно сводкам гидрометео центра температура наружного воздуха в Томске изменяется от минус 39 °С до плюс 40 °С, а диапазон измерения выборного нами датчика от минус 50 °С до плюс 50 °С.

4.7 Выбор датчиков давления

Манометр – прибор служащий для измерения давления жидкости или газа. Это небольшой корпус, внутри которого трубчатая пружина или мембрана, один конец припаян к держателю, а другой связан со стрелочным элементом (или цифровым элементом). Устройства бывают высокого и низкого давления, в данной работе будут использованы манометры типа МПЗ – У. Технические характеристики показывающих манометров приведены в табл. 4.7.

Таблица 4.7 – Технические характеристики показывающих манометров

Тип	Верхние пределы измерений, кгс/см ²	Класс точности	Сигн. конта кт.	Измеряемая среда	Диаметр корпуса, мм
МПЗ – У	0,6; 1; 1,6; 2,5; 4; 6;	1,5	—	Неагрессивные некристаллизующиеся жидкости, пар, газ	100
МП4 – У	10; 16; 25; 40; 60; 100; 160; 250; 400; 600; 1000; 1600				160
МП5 – У	6; 10; 16; 25; 40; 60; 100				250
МП – 60	2,5; 4; 6; 10; 16; 25	2,5; 4	—	Неагрессивные некристаллизующиеся жидкости, пар, газ	63
МП – 3ВУ виброуст.	6; 10; 16; 25; 40; 60; 100; 250; 400; 600	1; 1,5; 2,5			100

4.8 Выбор расходомера

Для измерения расхода какого-либо вещества, например, жидкости или газа используют расходомер. В настоящее время имеется множество методов измерения расхода вещества, но основными являются ультразвуковые или электромагнитные методы измерения расхода. В момент измерения определяется скорость потока вещества в трубопроводе, далее считается ее объемный расход. Можно выделить свои плюсы и минусы при измерении расхода ультразвуковым и электромагнитным методом. Основным преимуществом ультразвуковых и электромагнитных расходомеров является отсутствие подвижных элементов. Такие расходомеры сохраняют более точное измерение в течение более длительного срока. К минусам можно отнести более высокую стоимость.

Отсутствие гидродинамического сопротивления – это основное достоинство электромагнитного расходомера. Еще одним достоинством является высокая точность, а также быстроедействие.

В данной работе был произведен выбор оборудования. Компания «Теплоприбор» выпускает электромагнитный расходомер ПРЭМ предназначенный для регистрации, передачи показаний и для преобразования величины объема и объемного расхода.

Расходомеры ПРЭМ, для учета расхода и контроля, находят свое применение в промышленном и жилищно-коммунальном хозяйстве, они входят в состав автоматизированных тепловых пунктов.

Что касается эксплуатации ПРЭМ, они зарекомендовали себя, как надежные, имеющие широкий диапазон измерений, стабильно-работающие и имеющие малые потери.

Питание осуществляется от источника постоянного тока номиналом 12 В с мощностью 5 Вт.

Далее будут приведены характеристики измеряемой среды:

- диапазон рабочих температур от 1 до 150 °С;
- диапазон рабочих температур окружающей среды от –10 до +50 °С;

– давление не более 1,6 МПа.

Основным критерием выбора расходомера является диаметр условного прохода, который выбирается согласно значению часового расхода. Значение среднечасового расхода должно быть меньше эксплуатационного расхода, который определяется согласно таблице 4.8.

Таблица 4.8 – Основные характеристики для выбора электромагнитного расходомера ПРЭМ

Диаметр условног о прохода счетчика, мм	Параметры					
	Расход воды, т/ч			Порог чувствител ь-ности м ³ /ч, не более	Максималь ный объем воды за сутки, м ³	Гидравличе ское сопротивле ние счетчика S, м/(л/с) ²
	Мин и- маль ный	Эксплуа та- ционны й	Макси - мальн ый			
65	0,1	17	70	0,6	610	810 · 10 ⁻⁵
80	0,2	36	110	0,7	1300	264 · 10 ⁻⁵
100	0,3	65	180	1,2	2350	76,6 · 10 ⁻⁵
150	0,4	140	350	1,6	5100	13 · 10 ⁻⁵
200	0,6	210	600	3	7600	3,5 · 10 ⁻⁵
250	1,5	380	1000	7	13700	1,8 · 10 ⁻⁵

Для выбора расходомера произведем расчет некоторых физических величин.

Эксплуатационный расход найдем по следующей формуле [12]:

$$G_{\text{экс}} = \frac{Q_{\text{ср}} \cdot 10^{-3}}{C_p \cdot (t_{\text{нр}} - t_{\text{обр}})}, \quad (37)$$

где $G_{\text{экс}}$ – эксплуатационный (средний) расход, т/ч;

$Q_{\text{ср}}$ – средняя тепловая нагрузка, Гкал/ч;

$C_p = 1$ Ккал/(кг °С) – удельная теплоемкость воды;

$t_{np}= 95\text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура воды в подающем трубопроводе;

$t_{обp}= 70\text{ }^{\circ}\text{C}$ – температура воды в обратном трубопроводе системы отопления.

Для расчета эксплуатационного расхода необходимо найти среднюю тепловую нагрузку по следующей формуле [12]:

$$Q_{cp} = \frac{Q_{max} \cdot (t_{BH} - t_{CP})}{(t_{BH} - t_{МИН})}, \quad (38)$$

где Q_{max} – максимальная тепловая нагрузка, Гкал/ч;

$t_{BH}= 18\text{ }^{\circ}\text{C}$ – внутренняя температура в помещении;

$t_{cp}= -7,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ – средняя температура наружного воздуха за отопительный период;

$t_{МИН}= -39\text{ }^{\circ}\text{C}$ – минимальная температура наружного воздуха.

Максимальная тепловая нагрузка находится по следующему выражению:

$$Q_{max} = G_{max} \cdot \rho \cdot C_p \cdot (t_{np} - t_{обp}) \cdot 10^{-6} = 1,21 \cdot 1000 \cdot (95 - 70) \cdot 10^{-6} = 0,03025 \frac{\text{Гкал}}{\text{ч}}, \quad (39)$$

где Q_{max} – максимальная тепловая нагрузка, Гкал/ч;

$G_{max}= 1,21$ – максимальный расход, т/ч;

$\rho = 1000\text{ кг/м}^3$ – плотность воды.

Исходя из полученных данных, выбираем расходомер ПРЭМ с диаметром условного прохода 80 мм.

4.9 Выбор регулирующего клапана

Клапаны относят к классу трубопроводной арматуры. Основная задача клапана перекрыть поток теплоносителя. Принцип работы клапана – это перемещение затвора вдоль оси потока теплоносителя, при помощи возвратно-поступательного перемещения. Согласно стандартам, назначение арматуры разделяют на 5 групп:

- запорную (для перекрытия потока);
- регулирующую (для изменения расхода теплоносителя);

- распределительно-смесительную (для распределения потоков теплоносителя по направлениям или для смешивания потоков);
- предохранительную (для защиты элементов системы при отклонении параметров теплоносителя за рекомендуемые пределы);
- обратную (для автоматического предотвращения изменения направления теплоносителя).

Основное отличие современного арматурно-запорного клапана – это его многофункциональность.

Задача запорной арматуры - перекрытие потока теплоносителя. Использовать ее в качестве регулирующего органа не допускается, так как она не предназначена для таких задач. Такая арматура создает резкий перепад давления и имеет низкую цикловую нагрузку.

Задачей регулирующей арматуры независимо от конструктивного исполнения является регулирование расхода теплоносителя в тепловой сети, то есть обеспечение линейной зависимости между регулирующим воздействием и изменением регулируемого параметра.

Правильно выбранный регулирующий клапан позволяет сэкономить средства и силы, избежать аварии, а также своё временно регулировать расход. В каталогах и справочниках часто пренебрегают значениями измерений и указывают только м³/ч. Однако при этом теряется гидравлический смысл данного параметра. Для определения гидравлических характеристик нам потребуется расход воды в м³/ч с плотностью 1000 кг/м³, который проходит через клапан при перепаде давления 10⁵ Па (1 бар).

Пропускная способность клапана k_v , (м³/ч)/бар^{0,5} рассчитывается по параметрам входного сечения клапана (она зависит от условного диаметра входного сечения) и коэффициента местного сопротивления.

Параметр k_v оцениваемый размерностью лишь м³/ч, это дает удобство в пользовании, легко воспринимается и легко сравнивается с другими клапанами его пропускная способность. Несмотря на то что перепад давления во всех клапанах постоянный, но с реальной системой он не совпадает, поэтому при

выборе и расчете оборудования нужно рассчитать k_v по номинальным параметрам. Расчет можно производить согласно формулам приведённых в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – Определение пропускной способности клапана

ΔP , бар, V , м ³ /ч	ΔP , кПа, V , л/с	ΔP , мм вод. ст., V , м ³ /ч	ΔP , кПа, V , л/ч	ΔP , Па, G , кг/ч
$k_v = \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$	$k_v = 36 \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$	$k_v = 0,1 \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$	$k_v = 0,01 \frac{V}{\sqrt{\Delta P}}$	$k_v = 0,316 \frac{G}{\sqrt{\Delta P}}$

4.9.1 Выбор регулирующего клапана системы отопления

Исходные данные:

- 1) давление в подающем трубопроводе тепловой сети $P_1=5,2$ кгс/см², в обратном $P_2=2,4$ кгс/см², перепад давлений $\Delta P = 5,2 - 2,4 = 2,8$ кгс/см²;
- 2) максимальный расход теплоносителя $G_{\max} = 0,55$ т/час.

Пропускная способность регулирующего клапана системы отопления:

$$K_v = \frac{1,21}{\sqrt{2}} = 0,85 \text{ (м}^3\text{/ч)/бар}^{0,5}, \quad (40)$$

Температурный график 150/70°C со срезкой на 125°C при -39C.

используя [13] выбираем клапан и привод.

Клапан регулирующий VVG44.25-10 с параметрами:

- условный диаметр – 25 мм;
- пропускная способность – 10 (м³/ч)/бар^{0,5};
- максимальный перепад давления на клапане – 400 кПа;
- диапазон рабочих температур – от 2 °C до 150 °C;
- ход штока – 5,5 мм;
- рекомендуемый тип привода – SQS.

Электропривод для клапана SQS35.00 с параметрами:

время перемещения – 150 с;

ход штока – 5,5 мм;

максимальная температура 130 °C.

4.10 Выбор способа передачи данных

Для передачи данных от узла учета, в том числе от регулятора типа ВЭСТ-05.2, в систему диспетчеризации по GPRS-сети и отправки SMS-сообщений используется «GPRS-терминал» производства ООО «НПО ВЭСТ».

«GPRS-терминал» предназначен для организации прямого «прозрачного» канала связи с удалёнными объектами по IP, GSM и GPRS сети. Скорость передачи данных в GPRS-сети - 14400 бит/с. Терминал имеет питание 50 Гц, 220В и позволяет подключать на определённый IP-адрес до 100 GPRS точек. Его основной задачей является организация и поддержание удалённого доступа по беспроводному каналу связи с удалённым объектом по цифровой сотовой сети GSM.

«GPRS-терминал» является программно-технической разработкой предприятия «НПО ВЭСТ». Прибор разработан для создания системы диспетчеризации узлов учёта и автоматики, находящихся на обслуживании предприятия «НПО ВЭСТ». Система успешно внедрена в эксплуатацию и обслуживает приборы большинства отечественных производителей, например, НПФ «ТЭМ-прибор», НПФ «Теплоком», НПФ «Логика», ЗАО «Взлёт» и др. [15].

GPRS-терминал разработан для обмена данными с использованием GSM-сети (GPRS, SMS), Internet-сети (TCP/IP) и технологии «клиент-сервер». В данном терминале используется новейшая система «клиент-сервис». Система разработана на базе GPRS-терминала и работает по следующему алгоритму обмена данными: Сервер устанавливает соединение через GPRS модем с терминалом, клиент (автоматизированное рабочее место (АРМ)) посылает запрос на сверку через определенный IP-адрес. Таким образом формируется канал передачи данных по TCP/IP GPRS-терминала и АРМ.

Данная технология обеспечивает следующие функциональные возможности:

- передача данных по TCP/IP-сетевому протоколу Internet;
- минимальная стоимость трафика (1Mb - 0, 30\$);

- возможность работы с любым программным обеспечением, поддерживающим IP-соединение;
- неограниченное количество подключаемых GPRS-терминалов на АРМ;
- неограниченное количество одновременно опрашиваемых GPRS-терминалов;
- широкая взаимозаменяемость базовой платформы GPRS-терминала на оборудование или комплекс оборудования других производителей, в том числе зарубежных.

5 Расчет потерь давления в трубопроводах

При выполнении расчетов принято, что течение среды по трубопроводам является турбулентным.

Потери давления складываются из следующих составляющих:

- 1) потери давления на первичном преобразователе;
- 2) потери давления при максимальном расходе на переходах на меньший/большой диаметр;
- 3) линейные потери на трение;
- 4) потери давления на отводах трубопровода.

Теперь рассмотрим каждую более подробно.

- 1) Потери давления на первичном преобразователе расхода принимаются согласно "Руководству по эксплуатации" преобразователя:

$$\Delta P_{\text{м}} = 5 \text{ кПа.}$$

Расчет потерь давления при максимальном расходе на переходах на меньший/большой диаметр; линейных потерь на трение; потерь давления на отводах трубопровода произведен в соответствии с [16].

- 2) Потери давления в кПа при максимальном расходе на переходах на больший и меньший диаметры определяются по формуле:

$$\Delta p_j^i = p_{\partial j}^i \cdot \xi, \quad (41)$$

где ξ – гидравлическое сопротивление; $p_{\partial j}^i$ – гидродинамический напор на входе перехода, кПа; i – наибольший или наименьший внутренний диаметр перехода (D или d); j – прямой или обратный трубопровод (пр. или обр.).

2.1) Значение гидравлического сопротивления при переходе на меньший или больший диаметр выбираем из таблицы:

При переходе с 100 трубы на 80:

при $(d/D)^2 = 0,64$, когда $Re > 10^4$ и $(L/d) > 1$,

где L – 115 мм - длина конуса перехода; $d = 80$ мм - наименьший внутренний диаметр для угла конуса перехода $< 30^\circ$; $D = 100$ мм - наибольший внутренний диаметр для конуса перехода.

$o_{D>d} = 0,114$ – гидравлическое сопротивление при переходе на меньший диаметр;

$o_{D<d} = 0,1$ – гидравлическое сопротивление при переходе на больший диаметр.

2.2) Гидродинамический напор в кПа на входе и выходе перехода рассчитывается по формуле:

$$p_{\partial j}^i = \frac{98,066 \cdot (w_j^i)^2}{2 \cdot g \cdot \nu_j \cdot 10^4}, \quad (42)$$

где w – скорость движения теплоносителя, м/с; ν – удельный объем воды, м³/кг; $g = 9,81$ м/с² - ускорение свободного падения.

Скорость движения теплоносителя, м/с, на входе и выходе перехода рассчитывается по формуле:

$$w_j^i = 0,354 \frac{G_{\max} \cdot \nu_j}{d_n^2}, \quad (43)$$

где $G_{\max} = 0,55$ т/ч – максимальный расчетный расход теплоносителя;

d_i – внутренний диаметр на входе/выходе перехода, м.

3) Линейные потери давления на трение, кПа, определяются по формуле:

$$\Delta p_{mp}^j = \frac{(w_i^d)^2 \cdot 98,066}{2 \cdot g \cdot \nu_j \cdot 10^4} \cdot \frac{\lambda}{d} \cdot L, \quad (44)$$

где w – скорость движения теплоносителя на прямом участке трубопровода, м/с;

Для перехода с 100 трубы на 80 $\frac{\lambda}{d} = 1,022$ м⁻¹ – удельный коэффициент сопротивления трения, выбирается в зависимости от внутреннего диаметра прямого участка трубопровода; $L = 0,115$ м – развернутая длина прямого участка трубопровода.

4) Потери давления на отводах трубопровода, кПа, рассчитывается по формуле:

$$\Delta p_{омв}^j = p_{\partial D}^j \cdot z \cdot o_{омв}^j, \quad (45)$$

где $o_{омв}^{np} = o_{омв}^{об} = 0,6$ – значение коэффициента местного сопротивления отводов.

$z^{np}=z^{ob} = 0$ (количество отводов на прямом/обратном трубопроводах).

Сумма потерь давления, кПа, составляет:

– на прямом трубопроводе:

$$\Delta P_{np} = \Delta P_D^{np} + \Delta P_d^{np} + \Delta P_{mp}^{np} + \Delta P_{nn} + \Delta P_{ome}^{np}, \quad (46)$$

– на обратном трубопроводе:

$$\Delta P_{ob} = \Delta P_D^{ob} + \Delta P_d^{ob} + \Delta P_{mp}^{ob} + \Delta P_{nn} + \Delta P_{ome}^{ob}. \quad (47)$$

Все расчетные данные представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты расчета гидравлических потерь узла учета ТЭ

Наименование параметра	Обозн.	Для прямого трубопровода	Для обратного трубопровода
Потери давления на первичном преобразователе, кПа	ΔP_{nn}	5	5
Гидравлическое сопротивление при переходе на меньший диаметр	$o_{D>d}$	0,114	0,1
Гидравлическое сопротивление при переходе на больший диаметр	$o_{D<d}$	0,114	0,1
Удельный объем теплоносителя, м ³ /кг	ν	0,001039	0,001064
Скорость движения теплоносителя на входе перехода, м/с	w_j^D	0,62083	0,63577
Скорость движения теплоносителя на выходе перехода, м/с	w_j^d	1,22772	1,25726
Гидродинамический напор на входе перехода, кПа	p_{oj}^D	0,18541	0,18987
Наименование параметра	Обозн.	Для прямого трубопровода	Для обратного трубопровода
Гидродинамический напор на выходе перехода, кПа	p_{oj}^d	0,72513	0,74255
Потери давления на вх. перехода, кПа	Δp_j^D	0,11125	0,11392
Потери давления на вых. перехода, кПа	Δp_j^d	0,4351	0,4455
Линейные потери давления на трение, кПа	Δp_{mp}^j	0,05187	0,05312
Потери давления на отводах, кПа	Δp_{ome}^j	0	0
Итого, кПа	$\Delta P_{сум}$	8,586	8,639

6 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Система управления теплоснабжением здания позволяет контролировать подачу фактического потребления теплоносителя и учитывать фактическое потребление ресурсов. В данной выпускной квалификационной работе разработан проект автоматизированного теплового узла системы потребления офисного здания с целью получения экономического эффекта. Проектирование и установка системы управления теплоснабжением позволит сократить потребление теплового потока, увеличить эффективность работы теплового узла и обеспечить автоматизированную работу системы отопления здания в зависимости от температуры окружающей среды.

Основная цель проекта заключается в расчете экономического эффекта при внедрении системы управления параметрами сетевой воды, затрачиваемой на отопление административного здания. Для реализации поставленной цели необходимо проработать некоторые задачи:

- спланировать затраты на проектирование системы;
- установить капитальные затраты на создание проекта системы контроля;
- вычислить разовые капитальные вложения на приобретение технических средств автоматизации, монтаж и их наладку;
- определить экономический эффект от внедрения данной системы управления.

Главной целью создания раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы.

6.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

В данном пункте составим полный перечень проводимых работ, определим их исполнителей и рациональную продолжительность. Наглядным результатом планирования работ является линейный график реализации проекта. Для его построения хронологически упорядоченные вышеуказанные данные должны быть сведены в таблицу.

В проведение научных исследований принимали участие научный руководитель и инженер. На каждый вид запланированной работы была установлена соответствующая должность исполнителя, составлен перечень этапов работ и работ, проводимых в рамках научного исследования. Примерный порядок составления этапов и работ, распределение исполнителей по данным видам работ приведен в таблице 6.1.

Для реализации проекта необходимы два исполнителя – научный руководитель (НР), инженер (И) – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР); Разделим выполнение дипломной работы на этапы, представленные в таблице 6.1.

Таблица 6.1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Выбор темы дипломной работы	НР, И	НР – 100% И – 30%
Подбор и изучение литературы по теме	НР, И	НР – 100% И – 20%
Описание объекта автоматизации	НР, И	НР – 20% И – 100%
Расчет нагрузки отопительной системы	НР, И	НР – 10% И – 100%
Внедрение системы диспетчеризации	И	И – 100%
Расчет отопительной нагрузки	И	И – 100%
Результат внедрения интеллектуальной системы	И	И – 100%
Описание автоматизированной системы мониторинга	НР, И	НР – 50% И – 100%
Управление теплоснабжением здания	И	И – 100%
Выбор технических средств СУ теплоснабжения	И	И – 100%
Выбор способа передачи данных	И	И – 100%
Расчет потерь давления в трубопроводах	НР, И	НР – 40% И – 100%
Проверка работы с руководителем	НР, И	НР – 100% И – 10%
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	И	И – 100%
Написание раздела «социальная ответственность»	И	И – 100%
Составление пояснительной записки	НР, И	НР – 30% И – 100%
Подготовка материалов для презентации дипломного проекта	И	И – 100%

6.1.1 Продолжительность этапов работ

Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости используется следующая формула:

$$t_{\text{ож}} = \frac{3 \cdot t_{\text{min } i} + 2 \cdot t_{\text{max } i}}{5}, \quad (48)$$

где t_{min} – минимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.;

t_{max} – максимальная трудоемкость i -ой работы, чел/дн.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести ее в календарные дни. Расчет продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведется по формуле:

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (49)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн., $K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определенных длительностей, примем данный коэффициент $K_{ВН} = 1$; $K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ (примем $K_{Д} = 1,1$).

Расчет продолжительности этапа в календарных днях ведется по формуле:

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (50)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях, $T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле:

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД} - T_{ПД}}, \quad (51)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни, $T_{ВД}$ – выходные дни, $T_{ПД}$ – праздничные дни.

Рассчитаем коэффициент календарности для пятидневной рабочей недели:

$$T_{К} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{366}{366 - 118} = 1,47. \quad (52)$$

В таблице 2 приведены продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. Стоит отметить, что величины трудоемкости этапов по исполнителям $T_{КД}$ позволяют построить линейный график осуществления проекта, представленный на рисунке 1.

Таблица 6.2 – Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоемкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					$T_{рд}$		$T_{кд}$	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
Выбор темы дипломной работы	НР, И	2	4	3,3	2,8	2,1	3,7	2,6
Подбор и изучение литературы по теме	НР, И	3	5	4,8	4,2	4,3	4,8	4,9
Описание объекта автоматизации	НР, И	6	8	6,2	6,2	6,8	6,8	7,4
Расчет нагрузки отопительной системы	И	6	8	7,6	0,0	6,9	0,0	8,0
Внедрение системы диспетчеризации	НР, И	2	3	2,8	2,6	2,8	3,1	3,5
Расчет отопительной нагрузки	И	5	7	6,4	0,0	5,8	0,0	6,8
Результат внедрения интеллектуальной системы	И	5	6	5,6	0,0	5,4	0,0	6,0
Описание автоматизированной системы мониторинга	НР, И	6	8	6,6	6,2	7,5	6,2	7,5
Управление теплопотреблением здания	И	6	8	7,2	0,0	6,7	0,0	7,9
Выбор технических средств СУ теплопотребления	И	8	9	8,6	0,0	8,1	0,0	8,9
Выбор способа передачи данных	И	4	5	4,6	0,0	4,2	0,0	5,0
Расчет потерь давления в трубопроводах	НР, И	10	12	11,4	10,2	11,4	10,6	11,8
Проверка работы с руководителем	И	3	5	4,4	0,0	3,6	0,0	4,8
Написание раздела «финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»	И	2	3	2,6	0,0	2,2	0,0	2,9
Написание раздела «социальная ответственность»	НР, И	2	3	2,6	0,0	2,1	0,0	2,9
Составление пояснительной записки	НР, И	5	7	6,8	5,2	6,4	5,6	6,8
Подготовка материалов для презентации дипломного проекта	И	2	4	3,2	0,0	2,7	0,0	3,8
ИТОГО				94,7	37,4	89	40,8	101,5

Для более наглядного представления продолжительности и последовательности работ был разработан график Гантта.

График Гантта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ. График Гантта представление на рисунке 5.

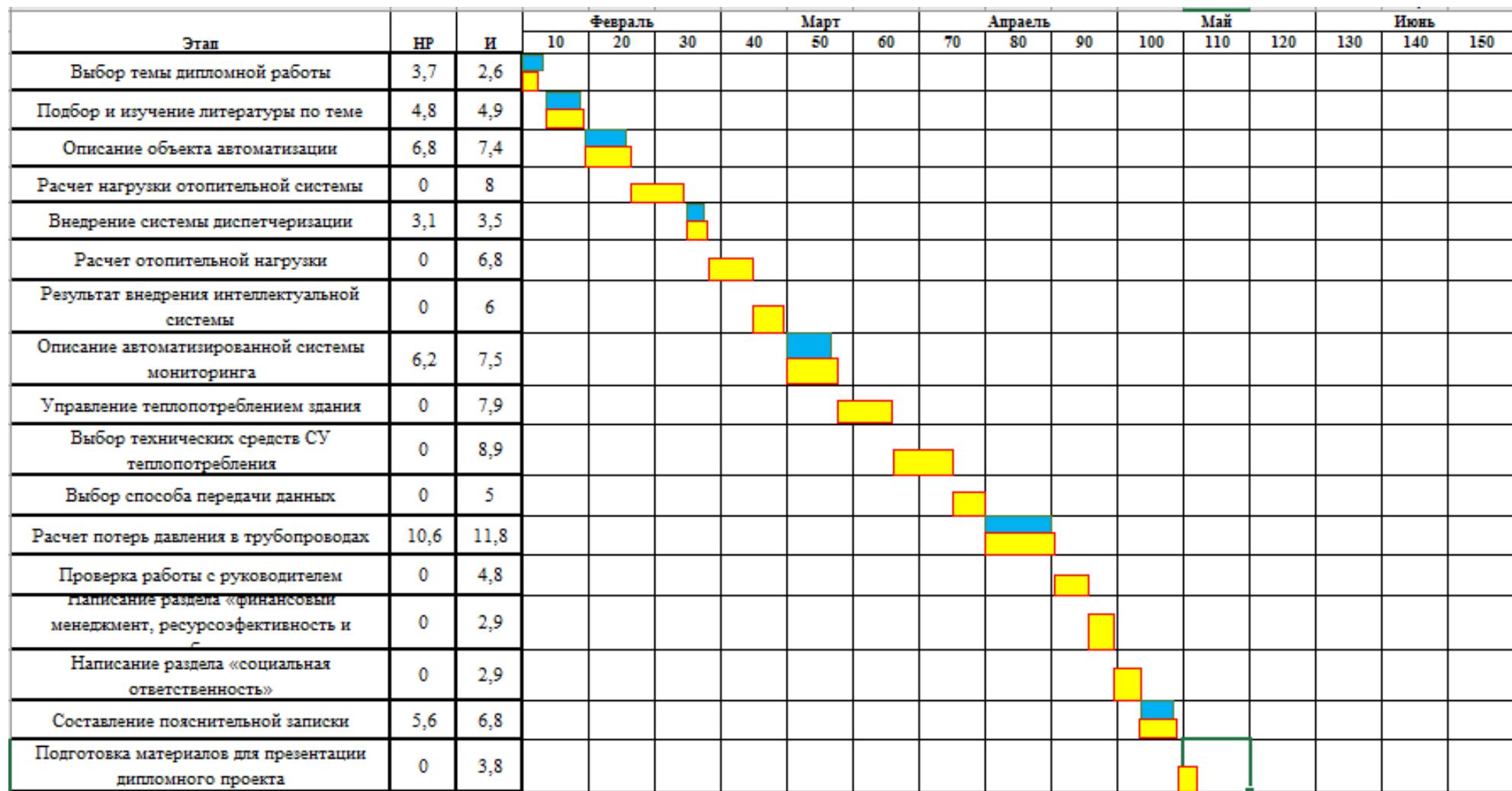


Рисунок 5 – Линейный график осуществления проекта (график Ганта)

6.2 Расчет сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям затрат:

- материалы и покупные изделия;
- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- командировочные расходы;
- оплата услуг связи;
- арендная плата за пользование имуществом;
- прочие услуги (сторонних организаций);
- прочие (накладные) расходы.

Смета затрат на проект рассчитывается по следующей формуле:

$$C_{\text{проект}} = C_{\text{мат}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{со}} + C_{\text{пр}} + C_{\text{накл}}, \quad (53)$$

где $C_{\text{мат}}$ – материальные затраты;

$C_{\text{ам}}$ – амортизация компьютерной техники;

$C_{\text{зп}}$ – затраты на заработную плату;

$C_{\text{со}}$ – затраты на социальные отчисления;

$C_{\text{пр}}$ – прочие затраты;

$C_{\text{накл}}$ – накладные расходы.

6.2.1 Расчет затрат на материалы

К данной статье расходов относится стоимость материалов, покупных изделий, полуфабрикатов и других материальных ценностей, расходуемых непосредственно в процессе выполнения работ над объектом проектирования. Кроме того, статья включает так называемые транспортно-заготовительные

расходы. Примем их как 10% от отпускной цены закупаемых материалов. Затраты на материалы сведены в таблице 6.3.

Таблица 6.3 – Расчет затрат на материалы

Наименование материалов	Цена за ед., руб.	Кол-во	Сумма, руб.
Лицензионное ПО STEP7 PROFESSIONAL	40810	1 экз.	40810
Лицензионное ПО Microsoft Office 2019	3200	1 экз.	3200
Лицензионное ПО КОМПАС-3D Home	1490	1 экз.	1490
Бумага для принтера формата А4	300	1 уп.	300
Картридж для принтера	600	1 шт.	600
Итого			46400

Расходы на материалы с учетом ТЗР будут равны: $C_{\text{мат}} = 46400 * 1,1 = 51040$ руб.

6.2.2 Расчет заработной платы

В данную статью входит основная заработная плата научных и инженерно-технических работников, непосредственно участвующих в выполнении работ по данной теме проектирования. Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн-т}} = MO/20,6 \quad (54)$$

учитывающей, что в году 248 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 20,6 рабочих дня (при пятидневной рабочей неделе).

Расчеты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 6.4. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до

целого взяты из таблицы 2. Для учета в ее составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{ПР} = 1,1$; $K_{доп.ЗП} = 1,113$; $K_p = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{и} = 1,1 * 1,113 * 1,3 = 1,6$. Данные значения взяты для пятидневной рабочей недели.

Таблица 6.4 – Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес	Среднедневная ставка, руб./раб.день	Затраты времени, раб.дни	Коэффициент	Фонд з/п., руб.
НР	33 664	1634	38	1,6	99 347,2
И	17 000	825	89	1,6	117 480
Итого					236 827,2

6.2.3 Расчет затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, составляют 30% от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{соц.} = C_{зп} * 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{соц.} = 236827,2 * 0,3 = 65048,2$ руб.

6.2.4 Расчет затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$C_{эл.об.} = P_{об} \cdot t_{об} \cdot Ц_{э}, \quad (55)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт, $Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час, $t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ ЦЭ = 6,59 руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера ($T_{РД}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов:

$$t_{об} = T_{РД} * K_t, \quad (56)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{РД}$, примем данный коэффициент равным 0,7.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{ОБ} = P_{ном.} * K_C, \quad (57)$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт, $K_C \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_C = 1$.

Расчет затрат на электроэнергию для технологических целей приведен в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты Э _{об} , руб.
Персональный компьютер	711	0,3	1405,6
Струйный принтер	2	0,1	1,3
Итого			1406,9

6.2.5 Расчет амортизационных расходов

В статье «Амортизационные отчисления» рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула:

$$C_{AM} = \frac{H_A * Ц_{ОБ} * t_{рф} * n}{F_D}, \quad (58)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования, $Ц_{ОБ}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учетом ТЗР, F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берется из фактического режима его использования в текущем календарном году, $t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

Для определения H_A следует обратиться к фрагменту из постановления правительства РФ «О классификации основных средств, включенных в амортизационные группы». Оно позволяет получить рамочные значения сроков амортизации (полезного использования) оборудования (СА). Для ПК это $2 \div 3$ года. Необходимо задать конкретное значение СА из указанного интервала, примем это значение 2 года. Далее определяется H_A как величина обратная СА, в данном случае это 0,5. Аналогичное значение будет для принтера.

Рассчитаем C_{AM} для ПК. Стоимость ПК 60000 руб., время использования 711 часа, $H_A = 0,5$, $F_D = 248 * 8 = 1984$ часов (для пятидневной рабочей недели):

$$C_{AM} = \frac{0,5 * 60000 * 711 * 1}{1984} = 10\,751 \text{ руб.} \quad (59)$$

Рассчитаем C_{AM} для принтера. Стоимость принтера 7000 руб., время использования 2 часа, $H_A = 0,5$, $F_D = 300$ часов:

$$C_{AM} = \frac{0,5 * 7000 * 2 * 1}{300} = 23 \text{ руб.} \quad (60)$$

Итого начислено амортизации 10 774 руб.

6.2.6 Расчет расходов, учитываемых непосредственно на основе платежных документов

К данному пункту можно отнести плату за услуги интернет-связи за 5 месяцев (февраль-июнь) при ежемесячной плате 400 рублей. Таким образом, $C_{нр} = 400 * 5 = 2000$ руб.

6.2.7 Расчет прочих расходов

В статье «Прочие расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{мат}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{нп}}) \cdot 0,1 = (51\,040 + 236\,850,2 + 65\,048,2 + 1\,406,9 + 10\,774 + 2000) \cdot 0,1 = 36\,711,9 \text{ руб.} \quad (61)$$

6.2.8 Расчет общей себестоимости разработки

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта.

Таблица 6.6 – Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Материалы и покупные изделия	$C_{\text{мат}}$	51 040
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	236 850,2
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	65 048,2
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	1 406,9
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	10 774
Непосредственно учитываемые расходы	$C_{\text{нр}}$	2000
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	36 711,9
Итого		403 831,2

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 403\,831,2$ руб.

6.2.9 Смета затрат на оборудование

Смета данного раздела составляется как на приобретение технологического оборудования, так и на строительно-монтажные работы по ремонту, капитальному ремонту зданий и оборудования, на реконструкцию и строительство новых объектов, благоустройство дворовых территорий.

Таблица 6.7 – Затраты на оборудования

Наименование прибора/технического средства автоматизации	Кол-во, шт.	Цена за ед., руб.	Сумма, руб.
Термопреобразователь сопротивления ТСМУ – Метран – 274	2	2 300	4 600
Термопреобразователь сопротивления ТСПУ – Метран – 276	2	2 800	5 600
Теплосчетчик ТЭМ – 104	1	50 624	50 624
Контроллер программируемый, логический, микропроцессорный ОВЕН ПЛК 63	1	14 514	14 514
Исполнительный механизм МЭО-250/25-0,25-Р-99	1	19 000	19 000
Насос циркуляционный Grundfos UPS 40 – 180F	2	38 450	76 900
Блоки управления электродвигателями реверсивные БУЭР1-30-02	1	20 000	20 000
Манометр МПЗ – У	4	340	1 360
Датчик температурный наружного воздуха ESMT – 084N1012	1	3 568	3 568
Преобразователь расхода, электромагнитный ПРЭМ – 80	2	55 411	110 822
Клапан регулирующий Siemens VVG44.25-10	1	10 247	10 247
Электропривод для клапана Siemens SQS35.00	1	10 585	10 585
Итого	327 820		

Капитальные вложения в монтаж, рассчитываются как 20% от вложений в оборудование по формуле:

$$C_{\text{монт}} = 0,2 \cdot C_{\text{об}}, \quad (62)$$

где $C_{\text{об}}$ – капитальные вложения в оборудование

$$C_{\text{монт}} = 0,2 \cdot 327820 = 65564 \text{руб.}$$

6.2.10 Общие затраты

Под общими затратами понимают затраты на разработку проекта, затраты на оборудование и монтаж оборудования.

$$C_{\text{общ}} = C + C_{\text{об}} + C_{\text{монт}} \quad (63)$$

$$C_{\text{общ}} = 797\,215,2 \text{ руб.}$$

6.2.11 Расчет прибыли

В связи с тем, что мы не располагаем данными для определения точной величины прибыли примем данное значение как 15% от полной себестоимости проекта. Таким образом, прибыль составляет 60 574,7 руб.

6.2.12 Расчет НДС

НДС составляет 20% от суммы затрат на разработку и прибыли. В нашем случае это:

$$C_{\text{НДС}} = (403\,831,2 + 60\,574,7) * 0,2 = 92\,881,2 \text{ руб.} \quad (64)$$

6.2.13 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС:

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 403\,831,2 + 60\,574,7 + 92\,881,2 = 557\,287,1 \text{ руб.} \quad (65)$$

6.3 Оценка экономической эффективности проекта

Эффективность автоматизированных систем управления зависит от сравнения результатов функционирования системы и затрат всех видов ресурсов, необходимых на её создание и развитие. С установленным оборудованием будет производиться экономия на отпуск тепла потребителю на отопление до 46%. Более подробную информацию можно найти в разделе 2.3 Результаты внедрения интеллектуальной системы дистанционного контроля и управления теплопотреблением здания на странице 32. Оборудование, выбранное в проекте, является современным и легким в эксплуатации и ремонте, что повышает

надежность и безопасность системы в целом. Широкое распространение на российском рынке позволяет легко заменять приборы аналогами для уменьшения времени простоя в случае ремонта.

7 Социальная ответственность

Введение

Раздел социальная ответственность освещает вопросы обнаружения, анализа вредных и опасных факторов труда на рабочем месте инженера, сведения к минимуму негативных последствий проектируемой деятельности в соответствии с требованиями санитарных норм и правил, техники безопасности и пожарной безопасности.

Основной целью работы является исследование автоматизированного управления системой и мониторинга показателей эффективности регулирования теплоснабжения офисного помещения, а также связанного с ним контура отопления основываясь на базовых измерениях и оценках причин снижения эффективности.

Основными задачами автоматизированного регулирования контура отопления здания является:

- Уменьшение теплоснабжения офисного помещения;
- Увеличение эффективности потребления тепловой энергии и использование ее по назначению;
- Автоматическое поддержание заданных параметров теплоносителя в зависимости от температуры окружающей среды;

Объектом исследования является тепловой пункт индивидуального здания, предназначенного под офисные помещения. Результатом работы является автоматизированная система управления индивидуальным тепловым пунктом и мониторинга эффективности контуров теплоснабжения здания.

7.1 Аннотация

Написание выпускной квалификационной работы проходило в рамках преддипломной практики в компании ООО «Автошина». В данной компании имеется офисное здание с тепловым пунктом. Тепловой пункт представлен на

рисунке 6. Рабочее место для написания ВКР было предоставлено в этом же здании, на рабочем месте специалиста план кабинета представлен на рисунке 7.

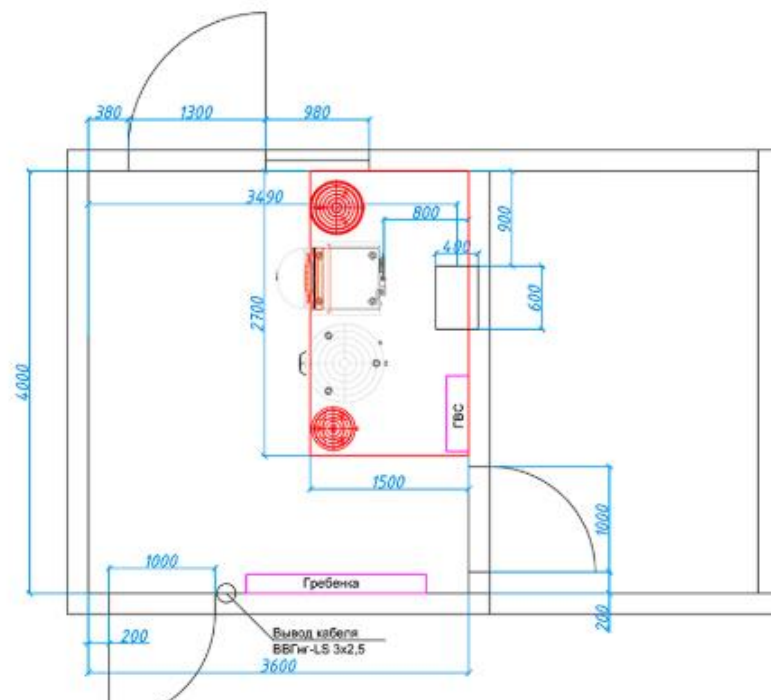


Рисунок 6 – План котельной

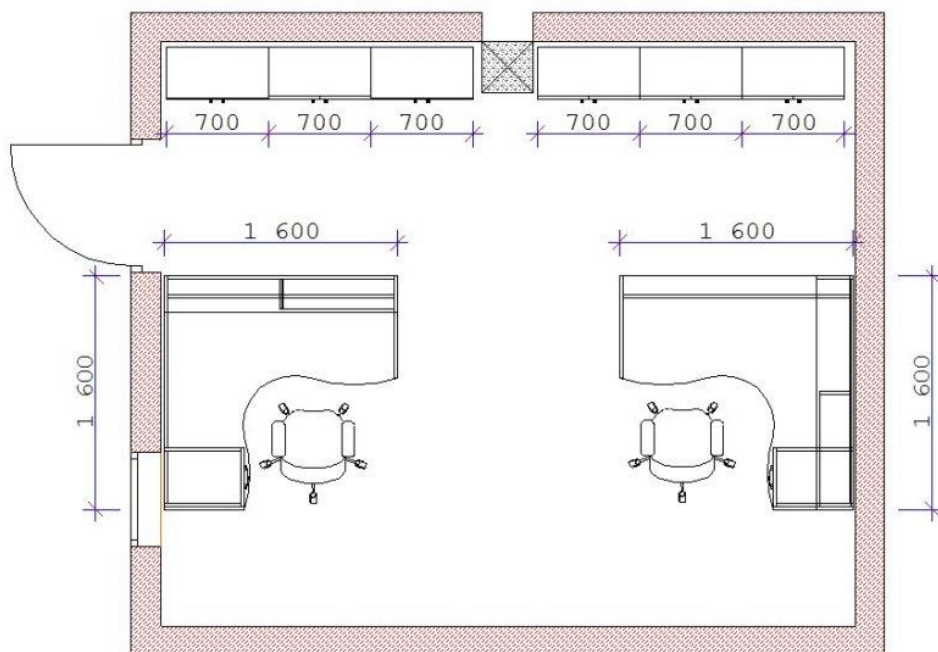


Рисунок 7 – План кабинета

В рамках выполнения ВКР было сделано следующее:

- подбор и изучение материалов по теме;
- описание технологического процесса;
- анализ методов мониторинга контуров управления;
- анализ влияния контуров управления на технологический процесс;
- оценка эффективности контуров управления на основе показателей

KPI;

7.2 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К нормативно-правовым актам, содержащим государственные нормативные требования охраны труда, относятся:

1. Стандарты безопасности труда.
2. Правила и типовые инструкции по охране труда.
3. Государственные санитарно-эпидемиологические правила и нормативы (санитарные правила и нормы, санитарные нормы, санитарные правила, гигиенические нормативы, устанавливающие требования к факторам производственной среды и трудового процесса).

Действующим нормативом по охране труда является ГОСТ 12.0.004-2015 [14].

Контроль за состоянием условий труда заключается в проверке состояния производственных условий для работающих, выявлении отклонений от требований безопасности, законодательства о труде, стандартов, правил и норм охраны труда, постановлений, директивных документов, а также проверке выполнения службами, подразделениями и отдельными группами своих обязанностей в области охраны труда. Этот контроль осуществляют должностные лица и специалисты, утвержденные приказом по административному подразделению. Ответственность за безопасность труда в целом по предприятию несут директор предприятия, а также главный инженер.

Функции государственного надзора и контроля в организациях независимо от организационно-правовых форм и форм собственности осуществляются специально уполномоченными на то государственными органами и инспекциями согласно федеральным законам. Трудовой кодекс РФ и СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 определяют основные нормы безопасности трудовой деятельности и к рабочему месту сотрудника соответственно.

Наиболее правильная организация рабочего места позволяет значительно снять напряжённость в работе, уменьшить неблагоприятные чрезмерные нагрузки на организм и, как следствие, повысит производительность труда. Предметом эргономики является конкретная деятельность человека, использующего машины, а объектом исследования - система “человек - машина - среда”.

При организации рабочего места следует выполнять требования эргономики. К эргономическим показателям трудового процесса относятся:

- гигиенические показатели: температура и влажность воздуха, состав воздуха рабочей зоны, освещённость рабочего места, шум и т. д.;
- антропометрические показатели, определяющие размеры тела человека и соответствующие им размеры, формы рабочих мест, органов управления и инструментов;
- физиологические показатели, которые определяют соответствие выполняемых человеком трудовых операций энергетическим, слуховым, зрительным и другим физиологическим возможностям человека;
- эстетические показатели, согласно которым производственное оборудование должно соответствовать требованиям технической эстетики.

При конструировании и размещении рабочих мест следует предусмотреть меры, предупреждающие или снижающие преждевременное утомление, предотвращающие возникновение психофизиологического стресса, а также появление ошибочных действий.

Рабочее место должно удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечить возможность удобного выполнения работ;

- учитывать физическую тяжесть работ;
- учитывать размеры рабочей зоны и необходимость передвижения в ней работающего;
- учитывать технологические особенности процесса выполнения работ.

Работа с компьютером характеризуется умственным напряжением и высокой напряженностью зрительной работы, поэтому большое значение имеет расположение элементов рабочего места для поддержания оптимальной рабочей позы человека. Рабочее помещение, в котором присутствуют персональные компьютеры, должно удовлетворять эргономическим требованиям:

1. Помещение должно иметь естественное и искусственное освещение.
2. Рабочие места по отношению к световым проемам должны располагаться так, чтобы естественный свет падал сбоку, преимущественно слева.
3. Площадь на одно рабочее место пользователя персонального компьютера на базе электроннолучевой трубки должна составлять не менее 6 м², на базе плоских дискретных экранов (жидкокристаллические, плазменные) - 4,5 м².
4. При размещении рабочих мест с компьютерами расстояние между рабочими столами с мониторами должно быть не менее 2,0 м, а расстояние между боковыми поверхностями видеомониторов – не менее 1,2 м.
5. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.
6. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на оптимальном расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм.
7. В помещениях с компьютерами ежедневно должна проводиться влажная уборка.

7.2.1 Специальные правовые нормы трудового законодательства

В организации на работодателя возлагаются обязанности по обеспечению безопасных условий и охраны труда. Согласно документу [15] рассмотрим некоторые важные понятия:

1. Условия труда – совокупность факторов производственной среды и трудового процесса, оказывающих влияние на работоспособность и здоровье работника.
2. Охрана труда – система сохранения жизни и здоровья работников в процессе трудовой деятельности, включающая в себя правовые, социально-экономические, организационно-технические, санитарно-гигиенические, лечебно-профилактические, реабилитационные и иные мероприятия.
3. Вредный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его заболеванию.
4. Опасный производственный фактор – производственный фактор, воздействие которого на работника может привести к его травме.
5. Рабочее место – место, в котором работник должен находиться или в которое ему необходимо прибыть в связи с его работой и которое прямо или косвенно находится под контролем работодателя.
6. Средства индивидуальной и коллективной защиты работников – технические средства, используемые для предотвращения или уменьшения воздействия на работников вредных или опасных производственных факторов, а также для защиты от загрязнения.

7.2 Производственная безопасность

В соответствии с ГОСТ 12.0.002-80 вредным производственным фактором является производственный фактор, воздействие которого на работающего в определенных условиях может привести к заболеванию, снижению работоспособности и (или) отрицательному влиянию на здоровье потомства, а опасным производственным фактором – фактор, воздействие

которого на работающего в определенных условиях приводит к травме, острому отравлению или другому внезапному резкому ухудшению здоровья, или смерти.

Наиболее существенными вредными факторами являются: отклонение показателей микроклимата рабочей зоны, недостаточная освещенность рабочей зоны, повышенный уровень шума, электромагнитные излучения, ионизирующее излучение. Также стоит учесть и опасные факторы, к данным факторам в первую очередь относятся: поражение электрическим током, а также опасные факторы, связанные с пожаром, например: огонь, дым, повышенная температура окружающей среды.

Возможные опасные и вредные факторы сведены в таблицу 7.1.

Таблица 7.1 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ		Нормативные документы
	Разработка	Эксплуатация	
Отклонение показателей микроклимата	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
Недостаточная освещенность рабочей зоны	+	+	ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений
Повышенный уровень шума	+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности
Электромагнитные излучения	+	+	ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
Ионизирующее излучение	+	+	ГОСТ 15484-81 Излучения ионизирующие и их измерения, термины и определения
Поражение электрическим током	+	+	ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
Опасные факторы, связанные с пожаром	+	+	ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.

На все аварийные ситуации в индивидуальном тепловом пункте необходимо оперативно реагировать. Необходимо точно знать, какие действия выполнять и в какой последовательности, для этого персонал должен знать технику безопасности и различные инструкции. Аварии в ИТП, которые связаны с утечкой теплоносителя, могут представлять угрозу для здоровья и жизни людей, которые придут на их ликвидацию.

Существует две основные категории неисправностей: неисправности трубопроводов теплосети и неисправности трубопроводов теплопотребления.

Персоналу, прибывшему на место аварии, в первую очередь следует оценить обстановку, её возможные последствия и сделать всё возможное для избегания контакта с теплоносителем, поскольку есть вероятность получения сильного ожога. Только после того, как температура теплоносителя в трубопроводах достигнет 40 °С можно приступать к работам по устранению повреждений. При попадании теплоносителя на электрооборудование необходимо незамедлительно покинуть помещение, так как это может привести к поражению электрическим током. Персоналу, находящемуся в диспетчерской, следует незамедлительно отключить электроснабжение ИТП. О случившемся в обязательном порядке необходимо сообщить всем ответственным лицам, в первую очередь – главному инженеру и управляющему объектом.

7.3 Анализ опасных и вредных факторов

7.3.1 Микроклимат производственных помещений

Метеорологические условия – это значение температуры воздуха, его относительная влажности, атмосферного давления, скорость и направление движения воздуха и т.д. Значение данных параметров для рабочей зоны устанавливаются в соответствии с оптимальными и допустимыми значениями согласно СанПиН 2.2.4.548 – 96.

Допустимые значения микроклимата и условия рабочих помещений с учетом таких факторов, как избыток тепла, время года и возможная тяжесть выполняемой работы указаны в таблице 7.2.

Таблица 7.2 – Допустимые параметры микроклимата на рабочем месте производственных помещений

Текущий период	Категория работ исходя из уровня энергетических затрат, Вт	Температура воздуха, $t_{\text{опт}}, ^\circ\text{C}$	Температура поверхностей, $t, ^\circ\text{C}$	Относительная влажность воздуха, $\phi, \%$	Скорость движения воздуха, м/с	
					Если $t < t_{\text{опт}}, ^\circ\text{C}$	Если $t > t_{\text{опт}}, ^\circ\text{C}$
Холодный	Iб	19 – 24	18 – 25	15 – 75	0,1	0,2
Теплый	Iб	20 – 28	19 – 29	15 – 75 "*"	0,1	0,3

"*" - при температурах воздуха 25°C и выше максимальные величины относительной влажности воздуха не должны выходить за пределы:

70% - при температуре воздуха 25°C ;

65% - при температуре воздуха 26°C ;

60% - при температуре воздуха 27°C ;

55% - при температуре воздуха 28°C .

Помещения должны быть оборудованы приточно – вытяжной вентиляцией, которая будет обеспечивать равномерный приток свежего воздуха и удаление загрязненного.

Специфика работы персонала теплового узла заключается в контроле технологического процесса, путем непосредственного наблюдения за оборудованием и визуального наблюдения за процессом через монитор персонального компьютера (зачастую в сидячем положении с минимальными физическими нагрузками), что способствует появлению головной боли, приводит к утомлению. Помимо наблюдения, также производится

взаимодействие напрямую с установками (пуск/останов котла, подготовка котла к растопке, сам процесс растопки, проверка исправности КИПиА). Несоблюдение установленных норм температуры и/или влажности воздуха в помещениях может быть вызвано неправильной обстановкой рабочих помещений, либо неправильной эксплуатацией отопительных установок, что приводит к отклонению показателей микроклимата.

Все выше перечисленные факторы могут привести к различным ухудшениям здоровья обслуживающего персонала, например, простудным заболеваниям, что напрямую снижает общую работоспособность.

7.3.2 Повышенный уровень шума

Шум — это совокупность звуков, неблагоприятно воздействующих на организм человека и мешающих его работе и отдыху. Повышенный уровень шума в тепловом узле возможен за счет наличия в помещении большого количества различного производственного оборудования. Известно, что шум непосредственно ухудшает условия труда, оказывая на организм вредное воздействие. При длительном воздействии на организм шума, возникающего при работе производственного оборудования и превышающий нормативные значения, осуществляется воздействие на центральную и вегетативную нервную систему человека, органы слуха, повышается кровяное давление, способствующее возникновению сердечно-сосудистых заболеваний. Как результат, снижается производительность труда и ухудшается качество работы персонала.

Допустимый уровень шума — это уровень, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к шуму.

Предельно допустимые уровни шума на рабочих местах регламентированы СН 2.2.4/2.8.562–96 «Шум на рабочих местах, в помещениях

жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки», СНиП 23–03–03 «Защита от шума» и соответствуют ГОСТ 12.1.003–83.

Уменьшение влияния данного фактора на организм работающего персонала возможно следующими методами:

- 1) ослабление шума непосредственно в его источниках;
- 2) шумоизоляция и шумопоглощение;
- 3) создания дополнительных ДВП или ДСП изоляционных перегородок в помещении операторской;
- 4) использование средств индивидуальной защиты.

7.3.3 Электромагнитные излучения

Источником электромагнитных излучений являются любые электроприборы, к которым относится и ЭВМ. Длительное воздействие электромагнитного поля на организм человека может вызвать нарушение функционального состояния нервной и сердечно-сосудистой систем, что выражается в повышенной утомляемости, снижении качества выполнения рабочих операций, сильных болях в области сердца, изменении кровяного давления и пульса.

Оценка опасности воздействия электромагнитного поля на человека производится по величине электромагнитной энергии, поглощаемой телом человека, с учетом электрической и магнитной напряженностей поля. Практически при обслуживании даже мощных, электроустановок высокого напряжения магнитная напряженность значительно меньше опасной (в 8 раз), поэтому оценку потенциальной опасности воздействия электромагнитного поля достаточно производить по величине электрической напряженности поля. В соответствии с ГОСТ 12.1.002—84, ССБТ «Электромагнитные поля токов промышленной частоты. Общие требования безопасности», нормы допустимых уровней напряженности электромагнитных полей зависят от времени пребывания человека в контролируемой зоне. Присутствие персонала на рабочем

месте в течение 8 ч допускается при напряженности, не превышающей 5 кВ/м. Основными видами средств коллективной защиты от воздействия электромагнитного поля токов промышленной частоты являются стационарные или переносные заземленные экранирующие устройства. Так как электромагнитное излучение в месте работы не превышает 5 кВ/м, применение экранирующих устройств не требуется.

7.3.4 Ионизирующее излучение

Основным источником ионизирующего излучения является дисплей компьютера (ЭВМ).

Ионизирующее излучение может вызывать торможение функций кроветворных органов, нарушение нормальной свертываемости крови и увеличение хрупкости кровеносных сосудов, снижение сопротивляемости организма к инфекционным заболеваниям.

Доза облучения при расстоянии до дисплея 20 см составляет 50 мкбэр/час. Конструкция ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы мягкого рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от экрана и корпуса не более 1 мкЗв/час (100 мкР/час).

Для защиты от внешнего облучения, возникающего при работе с дисплеем, проводятся следующие мероприятия:

- для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранении здоровья на протяжении рабочей смены должны устанавливаться регламентированные перерывы – при 8-часовом рабочем дне продолжительностью 15 минут через каждый час работы;
- дисплей устанавливается таким образом, чтобы от экрана до сотрудника было не менее 60-70 см;
- должны использоваться дисплеи со встроенными защитными экранами.

Для мониторов рекомендуется следующее дооснащение:

- защитный фильтр для экрана, ослабляющий переменное электрическое и электростатическое поля;
- для одиночных ЭВМ или их однорядном расположении – специальное защитное покрытие на переднюю панель и боковые стенки;
- при многорядном расположении ЭВМ, если соседние рабочие места располагаются близко друг к другу (на расстоянии 1,2...2,5 м) – защитное покрытие задней и боковых стенок, монтирование специальных экранирующих панелей с задней и боковых сторон монитора, установка перегородок между различными пользователями.

7.3.5 Освещённость рабочей зоны

Для освещения административных помещений независимо от назначения применяются системы общего (локализованного или равномерного) и комбинированного (местного или общего) освещения. Выбор системы освещения производится исходя из учета особенностей непосредственно самого производственного процесса, а также исходя из размещения в помещениях технологического оборудования.

Существуют следующие виды освещения:

- 1) естественное;
- 2) искусственное;
- 3) совмещенное.

Естественное освещение – освещение помещений светом неба (прямым или отраженным), проникающим через световые проемы в наружных ограждающих конструкциях. Помещения с постоянным пребыванием людей должны иметь, как правило, естественное освещение.

Искусственное освещение – освещение помещения только источниками искусственного света. Искусственное рабочее освещение предназначено для создания необходимых условий работы и нормальной эксплуатации зданий и территорий.

Совмещенное освещение – освещение, при котором недостаточное по нормам естественное освещение дополняется искусственным.

Нормы освещения приведены в таблице 7.3.

Таблица 7.3 – Нормирование освещенности для работы с ПК

Характеристики зрительной работы	Наименьший или эквивалентный размер объекта различения, мм	Относительная продолжительность зрительной работы при направлении зрения на рабочую поверхность, %	Искусственное освещение		Естественное освещение	
			Освещённость на рабочей поверхности от системы общего освещения, лк	Коэффициент пульсации освещённости КП, %, не более	КЕО, %, при	
					верхнем или комбинированном	боковом
Средней точности	От 0,5 до 0,1	Не менее 70	200	5	4	1,5
		Менее 70	150	10	4	1,5

Непосредственно для подобных нашей автоматизированной системе обычно применяют равномерное искусственное освещение.

Необходимая оценка освещённости рабочей зоны выполняется для обеспечения нормативных условий работы в помещениях. Такую оценку производят в соответствии с СанПиНом 2.2.1/2.1.1.1278 – 03.

Также стоит отметить, что аварийное освещение устраивают для продолжения работы в тех случаях, когда внезапное отключение рабочего освещения (при аварии), приводящее к нарушению обслуживания оборудования, может вызвать взрыв, пожар, возможное отравление людей, а также длительную

остановку в работе таких объектов, остановка которых на длительный промежуток времени не возможна по тем или иным причинам.

Эвакуационное освещение предусмотрено для эвакуации людей из помещений при аварийной ситуации, связанной с аварийным отключением рабочего освещения в таких местах, где при отсутствии света проход для прохода людей наиболее опасен (лестничные пролеты, лестничные клетки помещений, в которых работает 50 человек и более).

7.3.6 Расчет освещенности рабочего места

Произведём расчёт рабочего места специалиста в здании ООО «Автошина, по адресу ул. Предвокзальная 49/3. Производя расчет нужно определить систему освещения, определиться с количеством светильников и их типом. Искусственное освещение выполняется посредством электрических источников света: ламп накаливания и люминесцентных ламп. Люминесцентные лампы имеют ряд преимуществ: по спектральному составу света они близки естественному свету; обладают высоким КПД (в 1,5-2 раза выше, чем КПД ламп накаливания); обладают повышенной светоотдачей (в 3-4 раза выше, чем у ламп накаливания); имеют более длительный срок службы.

Расчет освещения производится для кабинета 16,5 м², ширина кабинета – 3,19м, а длина 5,17м, схема представлена на рисунке 2. В кабинете имеется окно размером высота 1м, ширина 0,8м. Определение количества светильников осуществляется методом светового потока. Для этого определим световой поток F, падающий на поверхность [4]:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{n}, \quad (66)$$

где F– рассчитываемый световой поток, Лм;

E–нормированная минимальная освещенность, Лк

Работа программиста относится к разряду точных работ (E=300Лк);

S–площадь освещаемого помещения (S= 16,5м²);

Z–отношение средней освещенности к минимальной ($Z=1,1$ согласно СНиП 23-05-95);

K–коэффициент запаса, учитывающий уменьшение светового потока лампы в результате загрязнения светильников в процессе эксплуатации (согласно [16] значения коэффициента запаса K равно 1,5);

n–коэффициент использования (определяется по таблице коэффициентов использования различных светильников).

Для расчета коэффициента использования необходимо вычислить индекс помещения по формуле [4]:

$$I = \frac{S}{h \cdot (A + B)}, \quad (67)$$

где S– площадь помещения, $S = 16,5 \text{ м}^2$;

h–расчетная высота подвеса, $h= 2,8 \text{ м}$;

A–ширина помещения, $A= 3,19 \text{ м}$;

B–длина помещения, $B= 5,17 \text{ м}$.

По имеющимся данным рассчитаем индекс помещения:

$$I = \frac{16,5}{2,8 \cdot (3,19 + 5,17)} = 0,7. \quad (68)$$

Согласно таблице 2.1 значений коэффициента использования светового потока светильников [17], значение коэффициента использования $n= 0,36$.

Из полученных данных находим значение светового потока F:

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 16,5 \cdot 1,1}{0,36} = 22688 \text{ Лм}. \quad (69)$$

Для освещения выберем люминесцентные лампы типа ЛБ20-1, световой поток которых $F= 1060 \text{ Лк}$. Рассчитаем необходимое количество ламп по формуле:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}}, \quad (70)$$

N–определяемое число ламп;

F–световой поток, $F = 22688 \text{ Лм}$;

$F_{\text{л}}$ —световой поток лампы, $F_{\text{л}} = 1060$ Лм.

$$N = \frac{22688}{1060} = 22 \text{ шт.} \quad (71)$$

Таким образом кабинет должен быть оснащён 22 люминесцентными лампами. В кабинете специалиста компании ООО «Автошина» имеется 6 светильника, в каждом светильнике по 4 лампы. Получается, что количество ламп 24, что соответствует расчётам, приведенным выше.

7.3.7 Электробезопасность

Электробезопасность — система организационных и технических мероприятий, а также средств, выполняющих защиту людей от опасного воздействия электрического тока, электромагнитного поля и электростатических разрядов.

Для предотвращения возможных поражений электрическим током обслуживающего персонала, необходимо соблюдать следующие требования:

- при выполнении монтажных работ использовать только исправные инструменты;
- проводить постоянный мониторинг исправности электропроводки и электрооборудования;
- использовать средства индивидуальной защиты при работе с электроприборами;
- допускаться к работе должен только персонал, прошедший инструктаж по электробезопасности.

Также в процессе разработки проекта были выявлены следующие правила для избежания поражения электрическим током:

- 1) для всех шкафов комплекса должны быть предусмотрены запорные устройства с замками, предохраняющие электрооборудование от несанкционированного доступа по ГОСТ Р 51330.0;

2) требования безопасности к основным частям комплекса в отношении изоляции токоведущих частей, блокировок и защитному заземлению должны соответствовать ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ Р МЭК 60950 и ГОСТ 25861;

3) конструкция устройств должна исключать возможность попадания в процессе эксплуатации электрических напряжений на наружные металлические части. Металлические части изделий, доступные для прикосновения к ним при контроле и эксплуатации (включая регламентные работы), которые могут оказаться под напряжением в результате повреждения изоляции и не имеют других видов защиты, подлежат защитному заземлению по ГОСТ 12.1.030;

4) обеспечение электробезопасности обслуживающего персонала должно соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.019. Все внешние части устройств, находящиеся под напряжением по отношению к корпусу и (или) общей шине питания, должны иметь защиту от случайных прикосновений персонала при контроле и эксплуатации. Рукоятки органов управления, настройки, регулировки в целях напряжением свыше 42 В должны быть изготовлены из изоляционного материала или иметь изоляционное покрытие;

5) устройства, требующие заземления, должны присоединяться к общему контуру заземления объекта с сопротивлением растекания не более 4 Ом и не требовать специального контура заземления (ГОСТ 12.1.030);

6) корпуса блоков, входящих в состав аппаратуры, предназначенной для установки в шкаф пользователя, должны иметь устройства для подключения защитного заземления по ГОСТ 2.2.007.0. На корпусе около устройства защитного заземления должен быть нанесен знак заземления по ГОСТ 2.721;

7) в эксплуатационную документацию на оборудование с рабочим напряжением, превышающим 42 В, должны быть включены требования безопасности при контроле, эксплуатации (включая техническое обслуживание) и ремонте изделий.

7.3.8 Пожарная безопасность

Пожарная безопасность объекта – это состояние объекта, которое характеризуется возможностью предотвратить возникновение и развития пожара, а также минимизировать, либо полностью исключить воздействие на людей и имущество опасных факторов пожара. Пожарная безопасность эксплуатируемых объектов должна обеспечиваться специализированными системами предотвращения пожара и противопожарной защиты.

Согласно пожарным нормативам НПБ 105 – 03 в зависимости от количества, а также характеристики обращающихся в производстве веществ, по пожарной и взрывной опасности производят деления на категории А, Б, В, Г, Д.

Помещение, где реализована автоматизированная система учёта и управления энергопотребления здания по пожарной и взрывной опасности относится к категории Г: Негорючие вещества и материалы в горячем, раскаленном или расплавленном состоянии, процесс обработки которых сопровождается выделением лучистого тепла, искр и пламени; ГГ, ГЖ и твердые вещества, которые сжигаются или утилизируются в качестве топлива.

При строительстве зданий и сооружений с учётом категории производства применяют строительные материалы и конструкции, которые подразделяются на три группы: сгораемые; трудносгораемые; несгораемые. Помещение, где реализована система автоматизации относится к трудносгораемым.

Непосредственно для данного проекта в целях пожарной безопасности предусмотрена пожарная сигнализация, включающая в свой состав датчики давления, загазованности и температуры, а также системы звукового и визуального оповещения.

Помимо наличия пожарной сигнализации, в обязательном порядке присутствует специально предусмотренное оборудование по устранению пожара на 100 м² пола имеется:

- порошковый огнетушитель ОПУ-5 (ОПУ-10) – 1 шт.;
- углекислотный огнетушитель ОУ-5 – 1 шт.;
- ящик с песком на 0,5 м³ – 1 шт.;
- железные лопаты – 2 шт.

В случае срабатывания пожарной сигнализации, необходимо немедленно вызвать пожарную бригаду, после чего незамедлительно принять меры к тушению возгорания.

Каждый работник, заметивший загорание, задымление и другие явления, которые могут привести к пожару в цехе, обязан:

- немедленно вызвать пожарную часть по телефону 01, 051 или при помощи ручного пожарного извещателя;
- вызвать к месту пожара начальника смены, начальника участка, начальника цеха;
- принять меры к ограничению распространения огня первичными средствами пожаротушения.

Одним из важнейших аспектов пожарной безопасности, помимо наличия специальной сигнализации и специально предусмотренного оборудования является:

- 1) прохождение каждым сотрудником инструктажа по обеспечению пожарной безопасности, наличие навыков и знание последовательности действий в случае возникновения пожара;
- 2) каждый член обслуживающего персонала должен быть проинформирован о местонахождении средств пожаротушения, а также средств связи;
- 3) наличие на стенах производственных помещений планов эвакуации (с обязательным отображением путей аварийной эвакуации).

7.4 Механическая безопасность

Опасность нанесения механической травмы присутствует только при монтажных работах, а при эксплуатации щитов и пультов управления вероятность получения механических травм пренебрежимо мала, т.к. в помещении отсутствуют какие-либо предметы, которыми могут быть нанесены телесные повреждения.

Темой ВКР является «Система учета и автоматизированного управления теплопотреблением офисного помещения», которая подразумевает выбор оборудования, приборы и ТСА с последующим монтажом на автоматизированный тепловой узел учета. Выбранный комплект автоматизации позволит улучшить контроль за технологическим процессом, тем самым намного сократится риск аварийной ситуации.

В заключении всего выше перечисленного хочется отметить основную задачу, поставленную данным разделом – формирование у индивида социальной ответственности перед другими людьми и окружающей его средой обитания, а также необходимости выполнения всех возможных мероприятий, ведущих к улучшению условий окружающего мира.

Как итог проделанной работы по разделу «Социальная ответственность» можно отметить следующее:

- в работе рассмотрена социальная ответственность предприятия (корпоративная социальная ответственность) и указаны задачи по сохранению и улучшению окружающей среды;
- рассмотрена личная социальная ответственность каждого индивида;
- выявлены и описаны вредные и опасные факторы, возникающие при работе;
- указаны методики и средства борьбы с этими факторами;
- описаны возможные ЧС и меры по их предупреждению и оповещению, а также приведены регламентированные требования по поведению персонала при ЧС;

– отражены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности рабочего персонала.

7.5 Экологическая безопасность

В данной работе вред экологии может нанести неправильная утилизация используемого оборудования теплового пункта (насосы, датчики, электропроводки и т.д.) и автоматизированного рабочего места оператора (ПЭВМ, лампы).

Некоторые компоненты ПЭВМ, можно использовать повторно, а остальные либо оставлять на переработку и дальнейшее использование, либо подвергать захоронению на полигонах. Также возможна переработка оборудования теплового узла. Полигоны создают в соответствии с требованиями, установленными в документе [30]. Они должны находиться вдали от водоохранных зон и обладать санитарно-защитными зонами. В местах складирования производится гидролизация для предотвращения загрязнения грунтовых вод. Перед захоронением прессуемые отходы желательно спрессовать, а отходы с высокой степенью влажности обезводить.

7.6 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

На тепловом пункте, а также на рабочем месте оператора наиболее вероятной ЧС является пожар. При эксплуатации необходимо контролировать состояние оборудования путем внешнего осмотра. Признаками самовозгорания являются повышение температуры, появление характерного запаха.

Согласно [31] в зависимости от количества, а также характеристик обращающихся в производстве веществ, по пожарной и взрывной опасности производят разделения на следующие категории: А, Б, В, Г, Д. Помещения с ЭВМ и ПЭВМ, и помещения теплового узла относятся к категории В (пожароопасные).

Помещения с ПЭВМ должны оснащаться аптечкой первой помощи и углекислотными огнетушителями. Количество и состав огнетушителей выбирают согласно [32] в зависимости от площади защищаемого помещения и класса пожара. При наличии нескольких помещений одного класса (с небольшой площадью каждого из них) количество средств тушения выбирают с учетом суммарной площади этих помещений.

На тепловом пункте, в случае срабатывания пожарной сигнализации, необходимо немедленно вызвать пожарную бригаду, после чего незамедлительно принять меры к тушению возгорания.

Каждый работник, заметивший возгорание, задымление и другие явления, могущие привести к пожару, обязан:

1. Немедленно вызвать пожарную часть.
2. Сообщить о пожаре руководству.
3. Принять меры к ограничению распространения огня первичными средствами пожаротушения.

Одним из важнейших аспектов пожарной безопасности, помимо наличия специальной сигнализации и специально предусмотренного оборудования является:

1. Прохождение каждым сотрудником инструктажа по обеспечению пожарной безопасности, наличие навыков и знание последовательности действий в случае возникновения пожара.
2. Каждый член обслуживающего персонала должен быть проинформирован о местонахождении средств пожаротушения, а так же средств связи.
3. Наличие на стенах помещений планов эвакуации (с обязательным отображением путей аварийной эвакуации).

Выводы по разделу

Тема ВКР «Система учета и автоматизированного управления теплоснабжением офисного здания» подразумевает выбор оборудования и технических средств автоматизации с последующим монтажом на тепловой узел. Выбранный комплект автоматизации, а также дистанционное управление позволят улучшить контроль над технологическим процессом, тем самым намного сократится риск аварийной ситуации. Также рассмотрены наиболее возможные чрезвычайные ситуации на рабочем месте и алгоритм действий при их возникновении.

Можно выделить следующие основные результаты по проделанной работе над разделом:

1. Отображены правовые и организационные вопросы по обеспечению безопасности персонала.
2. Приведено описание вредных и опасных факторов, которые могут возникнуть на объекте и рабочем месте.
3. Предложены методы по снижению оценки воздействия представленных факторов.
4. Определено воздействие объекта на окружающую среду.
5. Рассмотрена наиболее вероятная ЧС, предложены меры по ее предотвращению.

Заключение

Результатом выполнения выпускной квалификационной работы является создание проекта системы управления теплоснабжением офисного здания. В ходе работы были изучены основы проектирования автоматической системы регулирования, на примере АСР температуры рабочей жидкости, а также изучены технические средства автоматизации. Данный проект может быть применен для любого административного здания, подключенного к тепловой сети г. Томска.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы были решены следующие задачи:

- 1) выбрана структура СУ теплоснабжением;
- 2) произведен выбор современных технических средств;
- 3) составлена заказная спецификация;
- 4) разработана принципиальная электрическая схема;
- 5) разработана монтажная схема;
- 6) разработан чертеж общего вида щитовой конструкции.

Разработанная автоматическая система регулирования температуры рабочей жидкости соответствует современным требованиям: низким энергопотреблением, легкостью проектирования, простотой монтажа, высокой надежностью, удобным интерфейсом и надежностью управления.

Список использованных источников

1. А.С. Ключев, А.Т. Лебедев, С.А. Ключев, А.Г. Товарнов Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования: Справочное пособие. – М.: Энергоатомиздат, 2009 – 368 с.
2. А.В. Волошенко, Д.Б. Горбунов Проектирование систем автоматического контроля и регулирования: Учебное пособие. – Томск: Изд – во ТПУ, 2007. – 109 с.
3. [Электронный ресурс] URL: <http://ecl.portal.danfoss.com>, свободный. – Загл. с экрана. – Яз. Рус., англ. Дата обращения 10.03.2016 г.
4. Волошенко А.В., Медведев В.В. Технологические измерения и приборы. Курсовое проектирование: Учебное пособие. – Томск: Изд – во ТПУ, 2006. – 120 с.
5. АРВС 746967.039.000 РЭ Теплосчетчик ТЭМ-104. Руководство по эксплуатации. – М.: Изд-во ЗАО «ТЭМ-Прибор», 2009. – 73 с.
6. РБЯК.400880.036 РЭ Вычислитель количества теплоты ВКТ-7. Руководство по эксплуатации. – С.-Пб.: Изд-во ЗАО «НПФ Теплоком», 2008. – 64 с.
7. Регуляторы температуры ECL Comfort. Руководство по эксплуатации. – М.: Изд-во ООО «Данфосс», 2008. – 54 с.
8. ПЛК63 Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.owen.ru/uploads/rie_plk63_1001.pdf свободный. – Загл. с экрана.
9. SIMATIC S7-200 Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ste.ru/siemens/contr.html> свободный. – Загл. с экрана.
10. Циркуляционные насосы с «мокрым» ротором Grundfos. Тематический каталог. – М.: Изд-во ООО «Danfoss», 2009. – 129 с.

11. Механизмы исполнительные электрические однооборотные. Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.zeim.ru/production/docs/re/53.pdf> свободный. – Загл. с экрана.
12. Блоки управления БУЭР 1-30. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.elkont.ru/> свободный. – Загл. с экрана.
13. Метран. Каталог продукции 2016. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://mtn.nt-rt.ru/> свободный. – Загл. с экрана.
14. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
15. ГОСТ Р 55710-2013 Освещение рабочих мест внутри зданий. Нормы и методы измерений.
16. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности.
17. Сапронов, Ю.Г. Аттестация рабочих мест по условиям освещённости: лабораторный практикум по дисциплине «Безопасность жизнедеятельности». – Шахты: ГОУ ВПО «ЮРГУЭС», 2010. – 64 с.
18. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности.
19. ГОСТ 15484-81 Излучения ионизирующие и их измерения, термины и определения
20. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты
21. ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования.
22. ГОСТ 12.0.004-2015 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Организация обучения безопасности труда. Общие положения.
23. СН 2.2.4/2.8.562–96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.

24. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий.
25. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.
26. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1).
27. ГОСТ 12.1.019-79 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты (с Изменением N 1).
28. ГОСТ 12.1.002-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.
29. СанПиН 2.2.4.548 – 96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
30. СП 127.13330.2017 Полигоны по обезвреживанию и захоронению токсичных промышленных отходов. Основные положения по проектированию.
31. НПБ 105-03 Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
32. Постановление от 25 апреля 2012 года N 390 «О противопожарном режиме» (с изменениями на 23 апреля 2020 года). [Электронный ресурс]. – Режим доступа <http://docs.cntd.ru/document/902344800> – Загл. с экрана.

Приложение А

(справочное)

Heat metering and automated control system of an office building

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ТМ81	Матковский Даниил Валентинович		03.06.2020 г.

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОАР ИШИТР	Курганов Василий Васильевич	к.т.н.		03.06.2020 г.

Консультант-лингвист отделения иностранных языков ШБИП

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ОИЯ ШБИП	Пичугова Инна Леонидовна	—		04.06.2020 г.

1 Description of an automation object

Heating station (HS) is an equipment unit. The heating station is located in a separate room or facility and includes heating power plants. The heating station is connected to the heat network and its main tasks are the following: to control heat consumption modes, to regulate and convert heating medium parameters.

Heating station is a complex installation for converting heat energy from the external heat networks (CHPP, DHS or boiler plants) into the building's internal heating, ventilation and water supply system.

Heating stations are required in all areas:

- They provide hot water supply and ventilation as well as heating in administrative and residential buildings;
- They serve to comply with and ensure the required process procedures at industrial enterprises.

There are three main types of heating stations which differ in number and type of connections, and location (outside or inside the building):

- Central heating station (CHS) is an equipment unit used for servicing industrial facilities, a group of buildings or a microdistrict.
- Local heating station (LHS) is a system of pumps, heat exchangers and sensors installed in the building basement and operating in an automated mode. The LHS regulates the supply to the heating and hot water system of the building in accordance with the preset program and outside air temperature;
- Modular (or block) heating station (BHS) is a one-platform structure which can be used both for LHS and CHS. The modular heating station is a fully completed and factory-designed heating station. It does not require any retrofit and allows buildings to be connected to the hot water supply in the shortest possible time.

The heating station consists of several supply systems. Its main function is to provide a consumer with heating energy. There are the following supply systems:

5. Hot water system (HWS). The main function of the system is to supply hot water to the consumer. There are two types of the system: open and closed. In

addition to the main function, consumers use the HWS for partial heating of rooms, for example, bathrooms in apartment houses.

6. The main function of the heating system is maintaining a preset room temperature. There are dependent and independent ways of heating system connection.

7. The ventilation system (air recirculation) regulates the room air exchange to create a favorable environment for human breathing. The air recirculation can be natural and mechanical. The system can also be used for heating subordinate rooms.

8. Cold water supply is not a heat energy system but it is always available in the heating stations. Its function is maintaining the required pressure in the consumer water supply system.

The heat metering and automated control system of the office building at the address: Tomsk, Predvokzalnaya 49/3 St was studied and developed for fulfillment of the Master's thesis. The building was built and put into operation in 2007.

The local heating station is designed for transferring heat energy from the heat network (CHS, CHPP, boiler plant) to the home systems of hot water supply, ventilation and heating. It is usually located in the basement or in the special technical room of the house.

The main functions of the local heating station are the following:

- Conversion and regulation of the heating medium parameters;
- Efficient use of the heat parameters;
- Protection and timely alert to excessive pressure and temperature of the heating medium;
- Heat and heating medium metering.

The LHS comprises the following main components:

7. Heat exchanges. In the heating station under study, hot water supply is carried out from the boilers, which allows reducing heat consumption costs and saving money. The heat supply system of the building is directly connected to the heat network through the heat exchanger, which allows timely regulating the pressure and temperature of the heating medium inside the building.

8. Shut-off and control valves form a set of devices which provide heating medium supply to the heating system of the building. Shut-off valves are used in supply and return pipelines of the heat network, at the inlet and outlet of the heating station as well as in the suction and delivery pipes of the circulation pumps, in the inlet and outlet pipes of the water heaters. The function of the valves regulating the heat flow is provided by means of a hydraulic or pneumatic drive, or an electric drive.

9. Circulation pumps form a key component of the heating system of the building. Their purpose is to ensure forced fluid flow in the closed loop.

10. Measuring and control instruments. The instruments measuring pressure, temperature, heat rate and metering are installed in the LHS. In the heating station under study, the temperature and pressure of the heating medium is measured at the inlet and outlet of the heating station, at the heat exchanger outlet in the supply and return pipeline. Heat rate and metering are monitored at the inlet and outlet of the heating station.

11. A controller is a microprocessor unit used to control the automation system of the heating station. The controller collects and processes the data from the sensors in accordance with the preset algorithm and after that it sends of its controlling action on the actuators and mechanisms. Also, as necessary, it sends a notification to the operator or another person who was indicated in the process of forming the algorithm.

12. Electrical control panels.

Heat metering control panel

Heat metering control panel of the heating station comprises a heat computer and an internet communicator. Heating station control panel is designed for:

1. Heat energy and heating medium metering in the heating systems;
2. Electric power metering for systems of any capacity.

The automated control panel of the heating station includes: PLC (programmed logic controller) which is intended for automatic control of the heating station operation

and regulation of heat consumption in the heating system. Its main functions are as follows:

3. The optimum heating medium temperature should always be maintained in the supply pipeline;
4. The maintenance of the required temperature in the return pipeline is also mandatory as well as its compliance with the temperature schedule of heat supply;
3. Protection of pumping groups from “dry running” and overheating;
4. Protection of the equipment from short circuit;
5. Some additional functions and dispatching control can also be available.

The heating station has been designed in accordance with the following documents: Construction Standards and Regulations SNiP 2.04.07-86 [1], SNiP 41-101-95 [2], SNiP 2.04.05-91 [3]. The design was calculated for an outside temperature of 39°C below zero for Tomsk city. The building is supplied from the external heat network. The heating medium parameters are the following:

1. The temperature in the supply pipeline is 125 °C and operating pressure is 0.51 MPa;
2. The temperature in the return pipeline is 50 °C and operating pressure is 0.24 MPa;

System characteristics are as follows:

- heating is connected along the independent loop, circulation is through the heat exchanger;
- hot water supply is not available;
- ventilation system is a supply-and-exhaust ventilation.

The heat supply system of the administrative building is a two-pipe one. The building is connected to the central heat network of Tomsk city. The temperature chart of 150 to 50 with a reduction by 125°C (Fig. 1) in the supply pipe from the heat network of the SDPP-2 must be observed at the inlet of the building heating station. The heating medium in the network is water, the temperature in the supply and return pipelines is 95/70°C.

Temperature chart of heat supply from the SDPP-2 for heating season of 2017- 2018

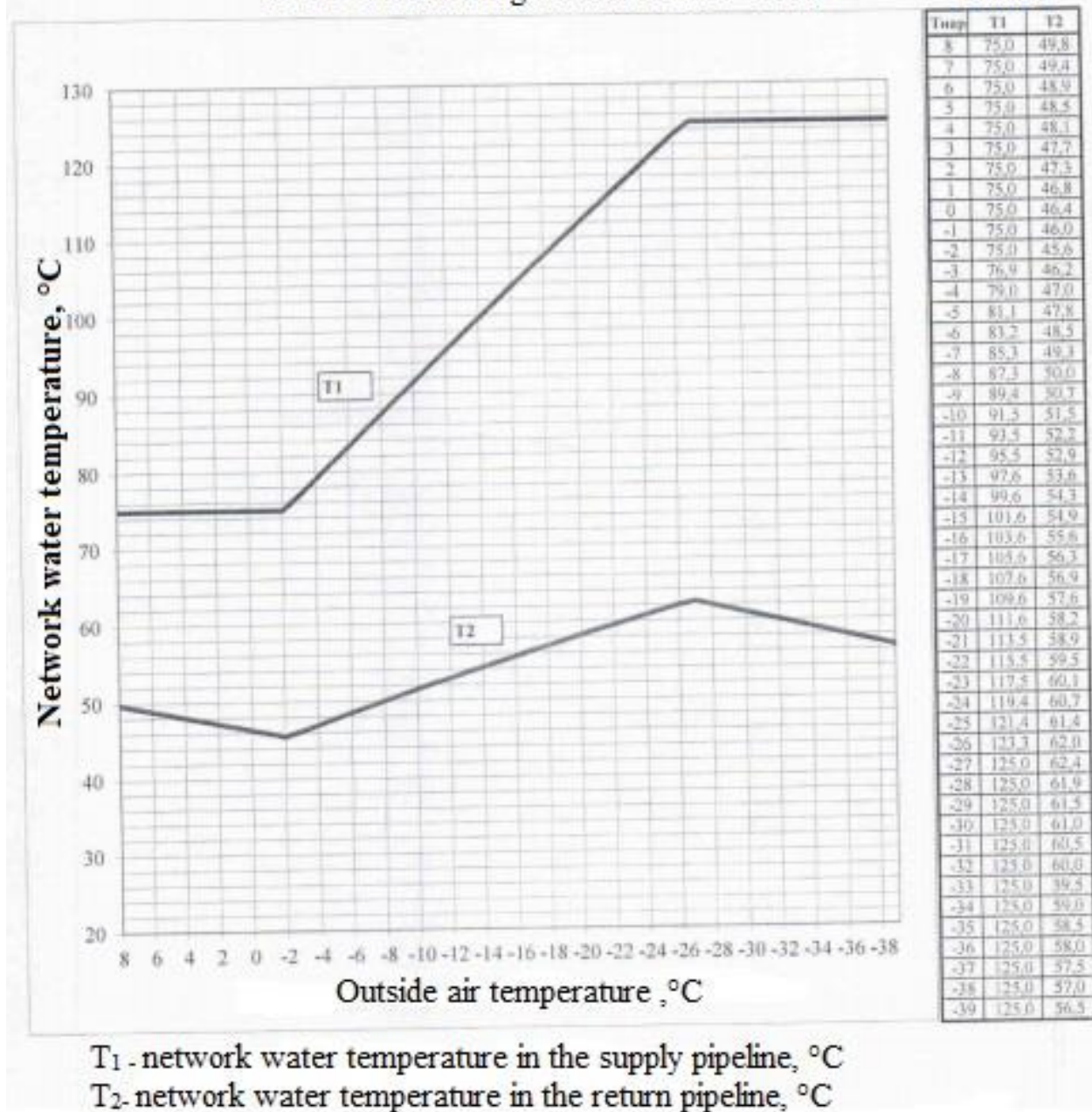


Figure 1. Heating temperature chart of 150/50 °C with reduction in the supply pipeline by 125 °C for building heating system

The temperature control system of the office building heat supply is shown on the separate sheet with the code FURA.421000.008 C2. The process of building heating is as follows: the heating water with a temperature of 125 °C (from the heat network) enters the heat exchanger where the heat is transferred from the external circuit (the central heat network) to the internal circuit (the building heating circuit). In the building

internal circuit the water is heated to a temperature of 90 °C. After circulation along the heating circuit, the water is cooled to a temperature of 50 °C and is heated again to a temperature of 90 °C. The chilled water with a temperature of 50 °C is supplied back to the heat network. The water supplied to the heating system is heated according to the chart 95/70 depending on the outside air temperature. The temperature of the heating medium (the heat network water) at the heat exchanger inlet is maintained by mixing the supplied water and the return water in the proportions ensuring the preset chart of heating. The water temperature at the heating system inlet is regulated by the electrically driven control valve. The signal from the temperature sensor installed in the water supply pipeline (item 9a) is sent to the electronic temperature controller and the signal from the temperature sensor installed in the network return water pipeline (item 15a) is also sent to the electronic temperature controller. The temperature controller controls the valve electric drive by means of the electric actuator (item 36) depending on the outside air temperature measured by the temperature sensor (item 4a) and in accordance with the temperature chart of the heating system (Fig. 2).

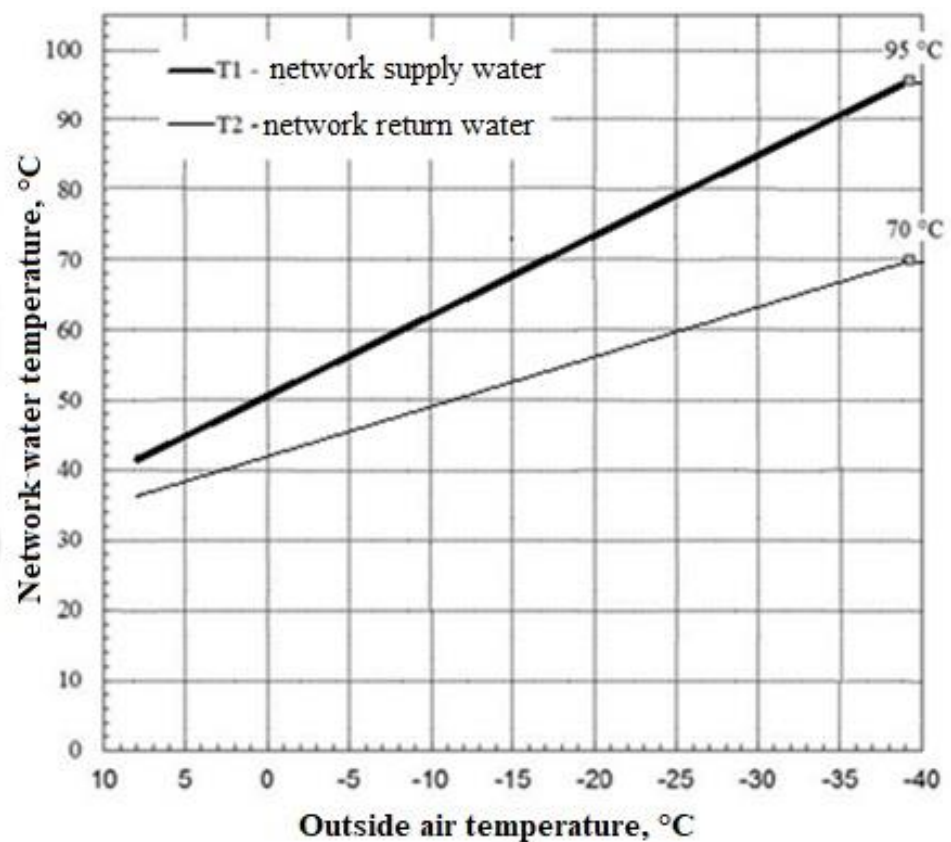


Figure 2. Heating temperature chart 95/70 °C for building heating system

The automated control unit should ensure:

- 1) adjustment of the heating medium temperature in the supply and return pipelines depending on the ambient temperature and the temperature chart;
- 2) record and transmission of current readings to the operator.

Heat metering is ensured by installation the metering unit in the heating station in accordance with the Rules for heat and heating medium metering [1]. All measuring and control instruments and automatic controls should be placed on the control panel.

According to the requirements of fire, environmental, sanitary-hygienic and other standards applicable in the territory of the Russian Federation, the heat metering design should comply with and ensure safety for the life and health of people operating this facility.

The heating load is determined by aggregate-based values [2].

The object under study is a three-storey administrative building with a basement.

Infiltration coefficient is calculated according to the formula [4]:

$$K_{\text{np}} = 10^{-2} \sqrt{\left[2gL \left(1 - \frac{273+t_0}{273+t_j} \right) + w_0^2 \right]},$$

where, g is acceleration due to gravity, 9.8 m/s^2 ;

L is building unsupported height, 12.45 m ;

w_0 is a specified wind speed for this particular area during the heating period, 4.7 m/s , [4].

$$K_{\text{np}} = 10^{-2} \sqrt{\left[2 \cdot 9.8 \cdot 12.45 \left(1 - \frac{273+t_0}{273+t_j} \right) + 4.7^2 \right]} = 10^{-2} \sqrt{\left[2 \cdot 9.8 \cdot 12.45 \left(1 - \frac{273-39}{273+18} \right) + 4.7^2 \right]} = 0.084.$$

To determine the aggregate-based rated heating load which is required to create a favorable indoor temperature, we use the following formula [4]:

$$Q_{\text{от}} = \alpha \cdot V \cdot q_{\text{от}} \cdot (t_{\text{BH}} - t_{\text{HB}^{\text{расч}}}) \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/ч.}$$

Where, α is a coefficient at specified outside air temperatures for designing heating systems, $\alpha = 0.9$ for Tomsk;

V is a building architectural volume, 907 m³;
 q_{pw} is a specific heat characteristic for heating,
 0.6 kcal/(m³ · C · h) is determined depending on the building external volume,
 the year of construction and its purpose;
 t_{ins} is indoor temperature, 18 °C;
 t_{outs}^{calc} is specified outside air temperature, -39 °C.

$$Q_{pw}^{calc} = a \cdot V \cdot q_{pw} \cdot (t_{ins} - t_{outs}^{calc}) (1 + K_{up}) \cdot 10^{-6};$$

$$Q_{pw}^{calc} = 0,9 \cdot 907 \cdot 0,6 \cdot (18 - (-39)) (1 + 0,084) \cdot 10^{-6} = 0,0303 \text{Mkcal/hr};$$

The automated control system structural diagram of the heating station presents the main functional parts, their purpose and correlation between them. The structural diagram of the heating station under study is shown in Fig.3.

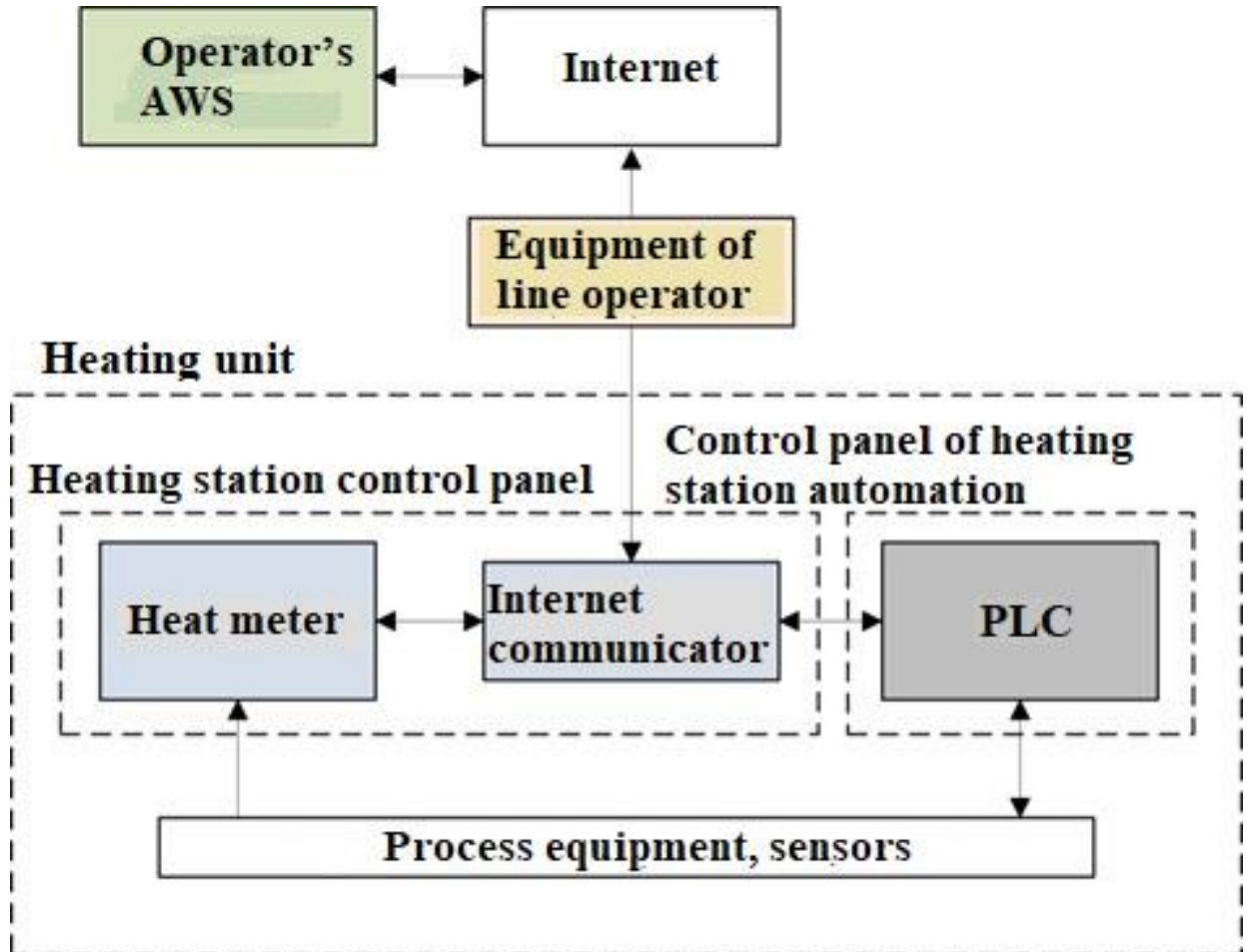


Figure 3. Automated control system structural diagram of heating station

Let us consider the functional parts of the structural diagram shown in Figure 3:

6. PLC is a real-time program-controlled device. Its main purpose to collect, store and process information as well as to generate a control command according to the preset algorithm.

7. The internet communicator is used in the dispatch and remote control systems for direct connection with the instruments of various purposes.

8. The heat computer ensures the heating medium parameters metering and heat energy metering.

9. The process equipment and sensors form a set of devices, such as thermometers, pressure gages, flow meters, pumps and etc.

10. The operator's workplace. The dispatch system is designed to obtain the data on the object parameters and allows real-time monitoring of energy consumption in a form convenient for the operator.

Thus, the data from the process equipment and sensors is supplied to the PLC and the heat computer, where the parameters are processed. After that, the data is sent to the operator's room via the internet communicator and the line operator equipment, where the parameters of the heating station can be visually monitored.

3 Description of the automated heat monitoring and control system of the building

The automated heat monitoring and control system of the building (hereinafter referred to as system) includes a set of equipment to control heat consumption at the heating station and software for remote access.

The system allows the following functions:

- 1) hourly polling the metering units to monitor the heating system serviceability and measurement errors;
- 2) formation of periodic reporting in accordance with the requirements of the company Energosbyt;
- 3) analysis of power system operation;
- 4) remote control.

The general view of the system structural diagram is shown in the Appendix FURA.421000.008 C1

Data can be collected in two modes: manual and automatic. The automatic mode is more suitable to collect the data from the units, store the data obtained and to form reports. The manual mode is mostly used for communication with the equipment via the modem, GSM or direct connection of the equipment, for receiving, observing and remote measurement of the current parameters, for heat metering as well as for storage and formation reports on the data obtained from the polled equipment and archiving the said data.

Some advantages can be got when using the dispatch system:

1. Part of work can be done at a distance. Namely, the unit maintenance and failure detection. That allows transportation costs to be saved;
2. The system of continuous monitoring and polling the sensors helps to find computer's errors and gives an indirect assessment of the automated control system operation which allows timely detection of unfavorable water intake and other problems.

3. The dispatch system is open for the OLE-automation systems, which allows it to be applied in VBA-applications widely used in the Internet-technologies and in the office software MicrosoftWord, Excel.

The automatic dispatch system has the prospects for development in the following areas:

1. Involving new metering instruments;
2. Creating MicrosoftWord and Excel-based templates which will further transfer to the Electric Inspection Service;
3. Supporting the Internet-technologies to obtain reports and analyze the operation via the Internet network.

3.1 Description of the system software

3.1.1 MicrosoftWord and Excel

The Microsoft office software support user programs via OLE -automation. This means that the documents with the data automatically filled in from the archive of the automatic dispatch system can be created. There are wide possibilities in this area to present data in the form of tabular reporting, charts, bar charts as well as to automatically create documents containing the assessment of the system operation. Apart from that, the programmer-user can create his own documents by using the existing interface and VBA without involving in the operation of the dispatch system. A number of active reporting documents have been developed. The said documents are formed automatically by means of VBA.

3.1.2 Support of the Internet technologies

In the software there is a specific module. It is capable to send the reporting data by electronic mail to all users. In addition to this function, the module can update the reporting in the particular Internet site and http server. This makes it possible to transmit the data to the software with regard to accounting documents, formation of

payment data and other calculations. Providing regular continuous access to the city computer network, such service can be fully implemented.

The presented dispatch system has been realized in the Science and Production Association Energy Saving Technologies and has been successfully used for the instruments KONTO, Vzlyot, SPT-961 (OAO Logika), heat meter TEM (Moscow). The company has 10 years' experience in implementing heat metering and automation means in the market of Tomsk. Design and commissioning works are being developed currently as well as further development of the software for the dispatch and automated maintenance system.

3.2 Description of the system operation

The system is a three-level structure and operates as follows. The level of data collection and transmission comprises controllers, heat meters and GPRS-terminals VEST which are located in the transmission and metering panels. The heat meters forming alarm indicators are engaged in the function of recoding, measuring, achieving the process values and accounting parameters of the heating medium (liquid). The controller's mechanism controls, measures and performs the function of archiving the data which in turn characterize the level of the controlled object from the point of view of the process aspect. At the same time, the actuators are automatically controlled, which helps to maintain the required preset values of the process parameters. Lights, operator's AWS and GPRS-terminals are the main components for presenting data and processing level. Provided that the time period is preset or upon the operator's request and in case of automatic control mode, the operator's AWS request is transmitted to the metering units (remote controlled objects) to obtain the data on measured parameters. Communication and interaction between GPRS-terminals is by the standard GSM (cellular communication) and data transaction via the Internet network is provided by the communication server. The operator's AWS visualize the recorded parameters and process values of the controlled object. The function of reports

formation and ensuring the protection of data against an unauthorized hacking and data loss is also performed.

3.3 Heat metering

The amount of heat energy and the heating medium mass (or volume) obtained by the consumer are determined by the energy supplying company on the basis of the readings of the metering unit instruments for the period specified by the agreement and according to the following formula [4].:

$$Q = G_1 \cdot (h_1 - h_2) \cdot 10^{-3},$$

where, G_1 is the mass of the network water in the supply pipeline, obtained by the consumer and determined by the consumer's metering instruments;

h_1 is the enthalpy of the network water in the supply pipeline of the LHS;

h_2 is the enthalpy of the network water in the return pipeline of the LHS.

The values h_1 , h_2 are determined by the respective measured average values of temperature and pressure of the heat source at the metering unit for the period under consideration.

The readings of the heat meter and recording devices of the metering unit are used by the energy supplying company to determine the deviation of the obtained heat energy, mass and temperature of the heating medium from the values regulated by the agreement.

The deviation of the obtained heat energy, mass and temperature of the heating medium from the values regulated by the agreement is determined by the energy supplying company on the basis of the readings of the heat meter and the devices recording the heating medium parameters.

3.4 Building heat consumption control

An automated local heating station with a connected heating system, where the heating medium is heated in the plate heat exchanger and circulates in the heating system due to circulating pumps.

The heat consumption is adjusted depending on the outside air temperature. Thus, heat energy overconsumption is eliminated and the consumption becomes optimal. The diagram of the heat consumption control system is shown in Figure 3.

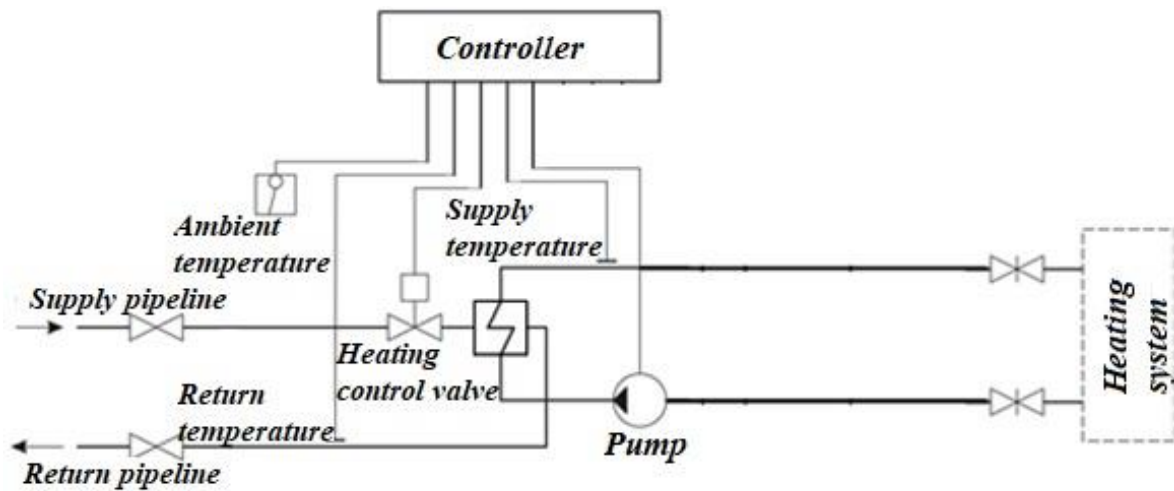


Figure 3. Functional diagram of building heat consumption control system

The input signals for the controller are the signals from the primary temperature convertors installed in the supply and return pipelines. Electrically driven control valves serve as actuators, they change heat supply for heating the internal heating medium depending on the combination of the temperatures.

The remote communication interface, if connected to a computer, allows observing the parameters of the heating station operation on the display and carrying out a remote control. The heating station control cabinet ensures smooth start of pumps, automatic engagement of the stand-by pump in case of the main pump stop, protection of electric motors in case of power supply failures and from dry running, switching over pumps by a timer to ensure uniform operating time within the service life, power supply to the control instruments, recording and communication. To ensure reliable operation and easy maintenance, ball valves and rotary valves without traditional gland seals are used as shut-off valves. Such equipment of a heating station allows the operating costs to be reduced by 35 – 50 % as compared to the traditional heating stations, taking into account the total costs of heat consumption, electricity consumption, scheduled repair and maintenance costs.

Приложение Б

(справочное)

Заказная спецификация средств автоматизации

Позиция	Наименование, техническая характеристика приборов и средств автоматизации	Тип и марка прибора	Кол
1	2	3	4
1а	Термопреобразователь сопротивления погружаемый, НСХ 100М, монтажная длина 200 мм. ПГ «Метран», г. Челябинск	ТСМУ-Метран-274	1
2а	Манометр, диапазон показаний 0...0,6 кгс/см ² , класс точности 1,5. АО «Манотомь», г. Томск	МПЗ –У – 0,6 гс/см ²	1
3а	Блок управления электродвигателем реверсивный, входной сигнал управления 24 ± 6 В, климатическое исполнение УХЛ 4.2. ЗАО «Волмаг», г. Чебоксары	БУЭР1-30-02	1
3б	Механизм электроисполнительный однооборотный. в составе с реостатным блоком сигнализации положения выходного вала. ОАО «СКБ СПА», г. Чебоксары	МЭО-250/25-0,25-Р-99	1
3в	Контроллер программируемый, логический, микропроцессорный, количество входов - 8 аналоговых и 8 дискретных, количество выходов - 6 (1 - э/м реле, 4 А, 220 В; 5 - ЦАП, 0...10 В). ОАО «ОВЕН», г. Москва	ОВЕН ПЛК63	1
3г	Клапан регулирующий Siemens VVG44.25-10, dP=0,5бар, Kvs=10,0 м2/ч. «Siemens», Швейцария.	VVG44.25-10	1
3д	Электропривод для клапана Siemens VVG44.25-10. «Siemens», Швейцария.	SQS35.00	1
4а	Датчик температуры наружного воздуха. ООО «Данфос», г. Москва.	ESMT – 084N1012	1

					ФЮРА.421000.008 С01			
Из	Ли	№ докум.	Подп	Дата				
Исполнил	Матковский Д.В.				Спецификация приборов и средств автоматизации	Стад	Лист	Л
Проверил	Курганов В.В..					ТРП	1	2
						ТПУ	ИШИТР	
						Группа	8ТМ81	

5a	Теплосчетчик ТЭМ – 104. ООО "Энергосберегающая компания "ТЭМ" г. Москва.	ТЭМ – 104	1
6a	Преобразователь расхода, электромагнитный, диаметр условный $DY=80$ мм, верхний предел измерений 1,3 т/ч, класс точности 0,25. ООО «ТМ–Комплект», г. Новосибирск.	ПРЭМ –80	1
7a	Манометр, диапазон показаний 0...0,6 кгс/см ² , класс точности 1,5. АО «Манотомь», г. Томск	МПЗ –У – 0,6 гс/см ²	1
8a	Термопреобразователь сопротивления погружаемый, НСХ 100М, монтажная длина 200 мм. ПГ «Метран», г. Челябинск.	ТСМУ-Метран-274	1
9a	Манометр, диапазон показаний 0...0,6 кгс/см ² , класс точности 1,5. АО «Манотомь», г. Томск	МПЗ –У – 0,6 гс/см ²	1
10a	Термопреобразователь сопротивления погружаемый, НСХ Pt100, монтажная длина 200 мм. ПГ «Метран», г. Челябинск	ТСПУ-Метран-276	1
11a	Циркуляционный насос Grundfos. ООО "Грундфос" г. Москва.	Magna 32- 120FN	2
12a	Преобразователь расхода, электромагнитный, диаметр условный $DY=80$ мм, верхний предел измерений 1,3 т/ч, класс точности 0,25. ООО «ТМ–Комплект», г. Новосибирск.	ПРЭМ –80	1
13a	Манометр, диапазон показаний 0...0,6 кгс/см ² , класс точности 1,5. АО «Манотомь», г. Томск		1
14a	Термопреобразователь сопротивления погружаемый, НСХ Pt100, монтажная длина 200 мм. ПГ «Метран», г. Челябинск	МПЗ –У – 0,6 гс/см ² ТСПУ-Метран-276	1
ФЮРА.421000.008 СО1			Лист 2